

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

Evaluación físico químico de aguas y suelo de la laguna Punrun para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco – Pasco - 2018

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor: Bach. Janina Ivonne MARCELO ALBERTO

Asesor: Mg. Rosario Marcela VASQUEZ GARCÍA

Cerro de Pasco – Perú - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

Evaluación físico químico de aguas y suelo de la laguna Punrun para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco - Pasco - 2018

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN

PRESIDENTE

Mg. Luis Alberto PACHECO PEÑA

MIEMBRO

Mg. Lucio ROJAS VITOR

MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, y abundar en gracia para conmigo, mis familiares que son la bendición de Dios para mi vida, por su apoyo y su fortaleza en cada momento.

RECONOCIMIENTO

A Dios todo poderoso, por iluminar mi camino en la faceta de estudiante y porque bajo su bendición nos permitimos presentar ante ustedes este trabajo de investigación para obtener el título profesional de ingeniero ambiental.

De manera sincera y sencilla mi profundo agradecimiento a mi alma mater “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión” quien supo acogerme en sus aulas de clase y a sus docentes quienes me guiaron de la mejor manera posible en mi formación profesional.

Agradecer a mis padres, por haberme proporcionado la mejor educación y lecciones de vida.

En especial a mi padre, por haberme enseñado que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue, y que en esta vida nadie regala nada.

En especial a mi madre, por cada día hacerme ver la vida de una forma diferente y confiar en mis decisiones.

RESUMEN

En concordancia al Reglamento de Grados y Títulos de la facultad de Ingeniería de nuestra “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión”, me permito a presentar la Tesis Intitulada **“EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS Y SUELO DE LA LAGUNA PUNRUN PARA DETERMINAR SU CONTAMINACIÓN POR ARRASTRE DE LOS RELAVES DE LA EX PLANTA DE PROCESAMIENTO DE VANADIO TINYAHUARCO-PASCO 2018”** con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

La empresa denominada Vanadium Corporation of América dejó relaves en esta zona denominada Jumasha, estos relaves esta interactuando con las aguas, suelo en esta jurisdicción de Jumasha. Asimismo, en la zona se puede observar instalaciones de la planta de procesamiento de concreto armado dejado por la empresa Vanadium Corporation of America que se encuentra sin ningún tipo de manejo ambiental y que alrededor de ello se encuentra presencia de mineral de vanadio que esta interactuando con el medio ambiente.

Actualmente, en el paraje de Jumasha están los pasivos mineros, que ocupa una extensión aproximada de 8.88 Has. los mismos que no están registrados en el Ministerio de Energía y Minas MINEM.

Finalizado la investigación se pudo constatar, según el análisis de laboratorio los sólidos disueltos totales y plomo presentes en la laguna Punrun superan los estándares de calidad ambiental afectando la composición química del agua,

pero los parámetros físicos si cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría N° 04.

Palabras clave: Evaluación físico químico, Estándares de Calidad Ambiental, Relaves y Ex Planta de Procesamiento de Vanadio

ABSTRACT

In conformity to the Regulation of Degrees and Titles of the faculty of Engineering of our " National University Daniel Alcides Carrión ", I permit to presenting the Thesis Entitled " EVALUATION PHYSICAL CHEMIST OF WATERS AND SOIL OF THE LAGOON PUNRUN TO DETERMINE HIS POLLUTION BY DRAGGING OF THEM RE-WASH OF THE EX-PLANT OF PROCESSING VANADIUM TINYAHUARCO-PASCO 2018 " with the purpose of choosing the Professional Title of Environmental Engineer.

The company named Vanadium Corporation of America I stop re-wash in this zone named Jumasha, these re-wash this one interacting with the waters, soil in this Jumasha's jurisdiction. Likewise, in the zone Vanadium Corporation can observe facilities of the plant of processing of concretely armed left by the company of America that one finds without any type of environmental managing and that about it is presence of mineral of vanadium that this interacting with the environment.

Nowadays, in Jumasha's place there are the mining liabilities, which an approximate extension of 8.88 occupies You have. The same ones that are not registered in the Department of Energy and Mines MINEM.

At the end of the investigation, according to the laboratory analysis, the total dissolved solids and lead present in the Punrun lagoon exceed the environmental quality standards affecting the chemical composition of the

water, but the physical parameters if it meets the Environmental Quality Standards for category 04.

Keywords: Evaluation physical chemist, Standards of Environmental Quality, Re-wash and Ex-plant of Processing vanadium.

INTRODUCCIÓN

La laguna Punrun se encuentra a 37 kilómetros al sureste de la ciudad de Cerro de Pasco, tiene una superficie que bordea los 8 km cuadrados, con una profundidad máxima de 200 metros, se sitúa sobre los 4,328 m.s.n.m. en el piso altitudinal de la puna altiplánica.

El objetivo de la presente investigación es diagnosticar la calidad físico químico de aguas y suelo de la Laguna Punrun para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinahuarco-Pasco 2018

La presente investigación es de mucha importancia ya que la información generada producto al estudio servirá como inicio para preservar y mitigar los impactos ambientales que estas han generado al contorno de la Laguna Punrun.

La investigación tiene como referencia del antecedente relacionada a lo realizado por Edith Orellana Mendoza (2015), Riesgo ambiental por pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris, Huancayo-Perú donde menciona. En la actualidad, la situación de los pasivos ambientales es bastante preocupante, por considerarlos fuentes de contaminación del suelo, el agua, el aire, causada por los relaves de la actividad minera y metalúrgica, que, al contacto con el agua y el suelo, alteran su composición natural, afectando la fauna, flora y población humana con riesgos a la salud. La investigación tuvo como propósito determinar el nivel de riesgo ambiental por

el pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris, Huancayo, se aplicó la metodología recomendada por el Ministerio del Ambiente. Se analizaron muestras de relave, suelo, agua y estudiaron a 21 familias expuestas a los relaves. Las concentraciones de plomo, cadmio y cromo en el suelo y agua exceden los estándares de calidad ambiental, sustancias tóxicas y peligrosas; con un volumen de residuos que sobrepasa las 500 toneladas. El nivel de riesgo ambiental promedio estimado para el pasivo de relaves es alto (78. 0%); el nivel de riesgo estimado para la salud de la población es moderado, para la calidad del medio y la seguridad de la población es alto.

La Autora.

ÍNDICE

DEDICATORIA
RECONOCIMIENTO
RESUMEN
ABSTRACT
INTRODUCCIÓN
ÍNDICE DE CUADROS
ÍNDICE DE GRAFICOS
ÍNDICE DE IMÁGENES
ÍNDICE DE MAPAS
INTRODUCCIÓN
INDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Identificación y determinación del problema	1
1.2	Delimitación de la investigación	2
1.3	Formulación del problema.....	2
	1.3.1 Problema General:.....	2
	1.3.2 Problemas Específicos:	3
1.4	Formulación de objetivos	3
	1.4.1 Objetivo General:	3
	1.4.2 Objetivos Específicos:.....	3
1.5	Justificación de la investigación	4
	1.5.1 Justificación teórica.....	4
	1.5.2 Justificación Metodológica	4
	1.5.3 Justificación Social	4
1.6	Limitaciones de la investigación	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de estudio	6
2.2	Bases teóricas – científicas	10
2.3.	Definición de términos básicos	26
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	28
	2.4.1. Hipótesis General	28
	2.4.2. Hipótesis Específicas	29
2.5.	Identificación de las variables.....	29
	2.5.1. Variable independiente.....	29
	2.5.2. Variable dependiente	29
	2.5.3. Variable interviniente	29
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	30

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1	Tipo de investigación.....	31
3.2	Métodos de investigación.....	31
	3.2.1 Trabajo de Gabinete.....	31
	3.2.2 Trabajo de campo.....	31
3.3	Diseño de la investigación.....	32
3.4	Población y muestra.....	32
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
	3.5.1 Técnicas.....	32
	3.5.2 Instrumentos.....	33
3.6	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	33
	3.6.1 Trabajo de pre Campo.....	33
	3.6.2 Trabajo de Campo.....	34
	3.6.3 Toma de Muestras por Parámetro.....	34
	3.6.4 Parámetros Físico Químicos - inorgánicos.....	35
3.7	Tratamiento estadístico.....	35
3.8	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	36
3.9	Orientación ética.....	40

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Descripción del trabajo de campo.....	41
	4.1.1 Localización del área de estudio.....	41
	4.1.2 Accesibilidad - vías de comunicación.....	39
	4.1.3 Aspectos generales de la laguna Punrun.....	43
	4.1.4 Presencia de relaves en el contorno a la laguna Punrun.....	44
	4.1.5 Ubicación de los puntos de monitoreo.....	51
4.2	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	55
	4.2.1 Resultados de los Parámetros Físicos de la Calidad de Agua de Laguna Punrun.....	54
	4.2.2 Resultados de los Parámetros Químicos de la Calidad de Agua de Laguna Punrun.....	58
	4.2.2.1 Parámetro Sólidos Disueltos Totales.....	58
	4.2.2.2 Parámetro – Metales Totales.....	60
	4.2.2.3 Parámetro – Metales Totales-Suelo.....	68
4.3.	Prueba de hipótesis.....	74
4.4.	Discusión de resultados.....	74

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro. 1 ECA Para Lagos y Lagunas Categoría 4	24
Cuadro. 2 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo	25
Cuadro. 3 Puntos de análisis, Centro Labor-2015.....	52
Cuadro. 4 Concentraciones de los principales elementos, Centro Labor-2015	53
Cuadro. 5 Ubicación de los Punto de Monitoreo y Tipo de Parámetros.....	56
Cuadro. 6 Resultados de los Parámetros Físicos-Laguna Punrun	59
Cuadro. 7 Resultados de los Parámetros Físicos-Laguna Punrun	62
Cuadro. 8 Resultados de los Parámetros Físicos-Laguna Punrun	64
Cuadro. 9 Normativa de Vanadio-EPA.....	71
Cuadro. 10 Resultados de los Parámetros Físicos-Suelo Contorno Laguna Punrun..	72

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico. 1 Resultado del Parámetro pH.....	60
Gráfico. 2 Resultado del Parámetro Conductividad Eléctrica	60
Gráfico. 3 Resultado del Parámetro Oxígeno Disuelto	61
Gráfico. 4 Resultado del Parámetro Sólidos Disueltos Totales.....	63
Gráfico. 5 Presencia de Arsénico –Laguna Punrun.....	65
Gráfico. 6 Presencia de Bario –Laguna Punrun	65
Gráfico. 7 Presencia de Cadmio –Laguna Punrun	66
Gráfico. 8 Presencia de Cromo–Laguna Punrun.....	66
Gráfico. 9 Presencia de Mercurio–Laguna Punrun.....	67
Gráfico. 10 Presencia de Fosforo–Laguna Punrun.....	67
Gráfico. 11 Presencia de Plomo –Laguna Punrun.....	68
Gráfico. 12 Presencia de Selenio –Laguna Punrun.....	68
Gráfico. 13 Presencia de Plomo –Laguna Punrun.....	69
Gráfico. 14 Presencia de Vanadio –Laguna Punrun.....	69
Gráfico. 15 Presencia de Arsénico –Laguna Punrun.....	73
Gráfico. 16 Presencia de Boro –Laguna Punrun	73
Gráfico. 17 Presencia de Bario –Laguna Punrun	74
Gráfico. 18 Presencia de Bario –Laguna Punrun	74
Gráfico. 19 Presencia de Mercurio –Laguna Punrun.....	75
Gráfico. 20 Presencia de Plomo–Laguna Punrun.....	75

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen. 1 Monitoreo de la Calidad de Agua de la Laguna Punrun-Parámetro -TDS (Punto de Monitoreo P-1).....	36
Imagen. 2 Monitoreo de la Calidad de Agua de la Laguna Punrun-Parámetro – Metales Totales (Punto de Monitoreo P-1).....	37
Imagen. 3 Monitoreo de Sedimentos al contorno de la Laguna Punrun-Parámetro – Metales Totales (Punto de Monitoreo P-1).....	37
Imagen. 4 Preservado de Muestras (Metales Totales)	38
Imagen. 5 Monitoreo de la Calidad de Agua de la Laguna Punrun-Parámetro -TDS (Punto de Monitoreo P-2).....	38
Imagen. 6 Monitoreo de la Calidad de Agua de la Laguna Punrun-Parametro – Metales Totales (Punto de Monitoreo P-2).....	39
Imagen. 7 Monitoreo de Sedimentos al contorno de la Laguna Punrun-Parametro – Metales Totales (Punto de Monitoreo P-1).....	39
Imagen. 8 Medición de Parámetros Físicos (pH, CE, OD) en Campo	40
Imagen. 9 Instalaciones abandonadas de la empresa Oft American Vanadium, abril 2015.....	50
Imagen. 10 Estado de los restos de la planta de beneficio de vanadio, abril del 2015	50
Imagen. 11 Identificación y Toma de Coordenadas de los Puntos de Monitoreo N° 01 y 02.....	56
Imagen. 12 Vista de los Puntos de Monitoreo al contorno de la laguna Punrun	57
Imagen. 13 Presencia de Relaves y Instalaciones de la Planta.....	77

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa. 1 Mapa de ubicación del área de estudio – Laguna Punrun	43
Mapa. 2 Laguna Punrun- Distante de la Ciudad de Cerro de Pasco	44
Mapa. 3 Mapa de Ubicación de Comunidades Campesinas	45
Mapa. 4 Mapa de Ubicación de Puntos de Monitoreo	58

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema

Toda planta de concentración de minerales, produce o genera un volumen de relaves que es por lo general, en dos terceras partes superior al volumen original de mineral extraído de las galerías mineras o de las superficies, por lo que para el tratamiento de este relave y su posterior disposición se debe contar con un área suficientemente grande para su almacenamiento, sin embargo en la zona de Jumasha al contorno de la Laguna Punrun no se tiene espacio suficiente para su adecuado disposición de relaves.

Estos relaves que son en definitiva sólidos finos hacen que su manejo sea difícil, y siendo a esto que la empresa denominado Vanadium Corporation of América abandonó estos relaves en esta zona de Jumasha, las mismas

que se ubican geográficamente complicadas y de difícil acceso y complicadas, causando interacción con las aguas y suelo en esta jurisdicción.

Asimismo, en la zona se puede observar instalaciones de la planta de procesamiento de concreto armado dejado por la empresa Vanadium Corporation of America que se encuentra sin ningún tipo de manejo ambiental y que alrededor de ello hay presencia de mineral de vanadio que esta interactuando con el medio ambiente.

Lo cual nos permite analizar la evaluación ambiental de la presencia de relaves e instalaciones de la ex planta de procesamiento de vanadio al contorno de la laguna Punrun.

1.2 Delimitación de la investigación

La contaminación que produce una empresa minera al medio ambiente es difícil de regenerar, y hay muchos casos donde se demuestra ello. Es por ello que la población se niega a la presencia de una mina cerca del lugar donde habitan, pues es evidente que los daños ambientales serán de gran magnitud, ya que contaminan absolutamente todo lo que tocan, entre ellos están; ríos, cauces, flora y fauna.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema General:

¿Cuál es calidad físico químico de aguas y suelo de la Laguna Punrun para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco 2018?

1.3.2 Problemas Específicos:

1. ¿Cuál es la calidad química del suelo para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco?
2. ¿Cuál es la calidad química del agua para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco?
3. ¿Cuál es la calidad física del suelo y agua para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco?

1.4 Formulación de objetivos

1.4.1 Objetivo General:

Evaluar la calidad físico químico de aguas y suelo de la Laguna Punrun para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco 2018

1.4.2 Objetivos Específicos:

1. Determinar la calidad química del suelo para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco
2. Determinar la calidad química del agua para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco

3. Determinar la calidad física del suelo y agua para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco

1.5 Justificación de la investigación

1.5.1 Justificación teórica

Por medio de la presente investigación buscamos generar conocimiento y poner en alerta, del grado de impacto ambiental a la laguna Punrun, producto a los relaves acumulados al contorno de la laguna Punrun, lo cual estos relaves tienen contenido metálico y presencia de sulfuros que genera acides.

1.5.2 Justificación Metodológica

La metodología la toma de muestra y analizarlas a fin de evaluar los parámetros físicos químicos y posterior sacara conclusiones de la calidad de agua comparada con los estándares de calidad ambiental para categoría 4.

1.5.3 Justificación Social

La presente investigación ayudara a identificar qué tipos de impactos se está generando y producto a ello ayudara a tomar decisiones en su preservación y lo cual beneficiara a la población circundante a la zona de investigación.

1.6 Limitaciones de la investigación

Es de mucha importancia la investigación ya que la información generada producto de la investigación servirá como punto de inicio para preservar y

mitigar los impactos ambientales que estas han generado al contorno de la Laguna Punrun.

El área de influencia de la investigación es la laguna Punrun, corresponde a la jurisdicción perteneciente Jumasha perteneciente al distrito de la Fundición de Tinyahuarco de la Provincia de Pasco.

- ✓ El acceso a la zona de investigación es limitado ya que para llegar a esta zona se encuentra cercano por los ganaderos asentados en esta zona.
- ✓ El costo de análisis de muestras de agua y suelo son elevados en el costo

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

Para la presente investigación tenemos 2 antecedentes nacionales y una internacional donde se detalla a continuación:

2.1.1 Edith Orellana Mendoza (2015), Riesgo ambiental por pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris, Huancayo-Perú.

En la actualidad, la situación de los pasivos ambientales es bastante preocupante, por considerarlos fuentes de contaminación del suelo, el agua, el aire, causada por los relaves de la actividad minera y metalúrgica, que al contacto con el agua y el suelo, alteran su composición natural, afectando la fauna, flora y población humana con riesgos a la salud. La investigación tuvo como propósito determinar el nivel de riesgo ambiental por el pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris, Huancayo, se aplicó la metodología recomendada por el Ministerio del

Ambiente. Se analizaron muestras de relave, suelo, agua y estudiaron a 21 familias expuestas a los relaves. Las concentraciones de plomo, cadmio y cromo en el suelo y agua exceden los estándares de calidad ambiental, sustancias tóxicas y peligrosas; con un volumen de residuos que sobrepasa las 500 toneladas. El nivel de riesgo ambiental promedio estimado para el pasivo de relaves es alto (78.0%); el nivel de riesgo estimado para la salud de la población es moderado, para la calidad del medio y la seguridad de la población es alto

2.1.2 Deyvi Cristian Pari Huaquisto (2017); Efectos de los Relaves Mineros en la Calidad del Agua del Río Ananea – Puno

La cuenca del río Ramis es el tributario más grande de la cuenca hidrográfica del Titicaca y se ubica en el departamento fronterizo de Puno, por lo mismo las actividades que se realiza en la cabecera de la cuenca (río Ananea) viene deteriorando de manera alarmante esta parte de la cuenca. El presente trabajo de investigación tiene por objetivo evaluar los efectos (de acuerdo a los ECAs para aguas) por derrame de relaves mineros en la calidad del agua del río Ananea (micro cuenca Alto Azángaro) los cuales contienen metales pesados. Para lo cual se aplicó técnicas como la toma de muestras de agua superficial en cinco puntos estratégicos, programando dos campañas de muestreo; una en épocas de avenida (marzo) y otra en épocas de estiaje (junio). Las concentraciones de metales pesados se determinaron por el método de Espectrometría de Emisión Atómica EPA METHOD

200.7 en el Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bológicas y Biotecnológicas de la Universidad Católica de Santa María – Arequipa; los resultados muestran que las concentraciones más altas se registraron en el punto de muestreo M-1 con Aluminio en 96.780 mg/l y Hierro en 131.900 mg/l. para la época de estiaje y similar en la época de avenidas con concentraciones más altas en el punto de muestreo M-1 con Aluminio en 41.416 mg/l y Hierro en 63.785 mg/l. Estas concentraciones se encuentran muy por encima de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas. Del mismo modo se identificó el punto más crítico y vulnerable a la contaminación en el área de estudio con los metales pesados que están por encima de los ECAs, teniendo el punto de muestreo M-1 como el más crítico por metales. Así mismo se aplicó técnicas como la encuesta para lo cual se elaboró una ficha de preguntas para la población aledaña de acuerdo a las actividades que se realizan en esta parte de la cuenca, obteniendo datos para la determinación de los efectos que causa la contaminación minera a la vida aledaña. En conclusión, la calidad de las aguas del río Ananea se encuentran contaminadas por la presencia de metales pesados y estas vienen causando efectos negativos a toda la vida aledaña que se encuentra en el área de estudio.

2.1.3 Gabriela Muñoz Aracena (2017). Estudio del relave abandonado Anita, comuna de tiltil y sus posibles implicancias a la comunidad. Santiago de Chile. Chile se

encuentra situado dentro de una configuración geológica que favorece la formación de depósitos metálicos con múltiples componentes. En estos yacimientos en explotación, se generan depósitos de estéril, conocidos como relaves. Los relaves mineros constituyen residuos tóxicos compuestos por metales pesados, los cuales, en muchos casos, son depositados en zonas vecinas a asentamientos humanos, dañando la salud de sus pobladores. Este estudio se centra en un relave abandonado, de nombre Anita, que se encuentra ubicado en la comuna de Tiltil, en la provincia de Chacabuco, Región Metropolitana. El principal objetivo de este trabajo es obtener parámetros químicos y mineralógicos para caracterizar el relave y establecer sus posibles riesgos para la comunidad. Para esto se recolectaron 7 muestras en perfil N-S, a las cuales se les realizaron diferentes análisis: granulometría, descripción por medio de lupa binocular, análisis de pH y Eh, análisis de difracción de rayos X y test para la predicción de drenaje ácido. De los análisis, se obtuvo que la difracción de rayos X arroja mayoritariamente cuarzo con un 44,99% promedio del total de las fases minerales presentes en el relave, fases como óxidos de cobre no fueron detectadas, pero si lo fueron fases que podrían ser contaminantes como el cinabrio, la arsenopirita, y arsenolita. Por otro lado, el ensayo de producción neta de ácido realizado demuestra que en las paredes del relave se necesitarían 45 y 62 kg de CaCO_3 equivalente por tonelada para neutralizar el relave, lo que implicaría que tiene un potencial para la generación de drenaje

ácido. Con estos resultados se ha establecido que existen 3 mecanismos de liberación que causarían contaminación a los alrededores del relave, los cuales serían: erosión eólica, el arrastre de material, y, por último, la potencialidad de generar drenaje ácido, con un potencial efecto adverso sobre la flora y fauna del ambiente receptor, y, además, los posibles riesgos indirectos para la salud.

2.2 Bases teóricas – Científicas

2.2.1 Relave

El relave es un conjunto de desechos tóxicos de procesos mineros de la concentración de minerales, usualmente constituido por una mezcla de rocas molidas, agua y minerales de ganga (o sin valor comercial), aunque también se encuentran bajas concentraciones de metales pesados, tales como cobre, plomo, mercurio y metaloides como el arsénico.

Los relaves contienen altas concentraciones de productos químicos y elementos que alteran el medio ambiente, por lo que deben ser transportados y almacenados en «tranques o depósitos de relaves», donde los contaminantes se van decantando lentamente en el fondo y el agua es recuperada mayoritariamente, y otra parte se evapora. El material queda dispuesto como un depósito estratificado de materiales sólidos finos. El manejo de relaves es una operación clave en la recuperación de agua y para evitar filtraciones hacia el suelo y napas subterráneas, ya que su

almacenamiento es la única opción. Para obtener una tonelada de concentrado, se generan casi 30 toneladas de relave.

Dado que el costo de manejar este material es alto, las compañías mineras intentan localizar los " depósitos de relaves" lo más cerca posible a la planta de procesamiento de minerales, minimizando costos de transporte y reutilizando el agua contenida.

2.2.2 La Planta Concentradora

Es una instalación industrial que utiliza el proceso de flotación selectiva para lograr la concentración de la mineralización económica proveniente de las minas. La planta incluye los procesos de chancado, clasificación, molienda, acondicionamiento, flotación y filtrado, así como las respectivas canchas de almacenamiento de relaves.

La evaluación ambiental tiene por objetivo verificar el cumplimiento de la normativa y los parámetros ambientales actualmente vigentes. Estas evaluaciones ambientales nos dan a conocer el estado de los componentes del entorno, posibilitando la planificación de las acciones a tomar a fin de mantener o mejorar las características del medioambiente.

2.2.3 Evaluación Ambiental

La evaluación ambiental tiene por objetivo verificar el cumplimiento de la normativa y los parámetros ambientales actualmente vigentes. Estas evaluaciones ambientales nos dan a conocer el estado de los componentes del entorno, posibilitando la

planificación de las acciones a tomar a fin de mantener o mejorar las características del medioambiente.

2.2.4 Calidad de Agua

Si bien en sus primeros orígenes el concepto de “Calidad de Aguas” estuvo asociado con la utilización del agua para el consumo humano, la expansión y el desarrollo de los asentamientos humanos ha diversificado y ampliado los usos y aplicaciones potenciales del agua hasta tal punto, que el significado de Calidad de Aguas ha debido ampliarse, para ajustarse a este nuevo espectro de posibilidades y significados. En la actualidad, es tan importante conocer la calidad del agua para el consumo humano, como lo puede ser para el riego de cultivos, para el uso industrial en calderas, para la fabricación de productos farmacéuticos, para la expedición de licencias ambientales, para diseñar y ejecutar programas de monitoreo en las evaluaciones ambientales, para adecuarla a las múltiples aplicaciones analíticas de los laboratorios y para regular y optimizar el funcionamiento de las plantas de tratamiento, entre muchos otros fines. En síntesis, una determinada fuente de aguas puede tener la calidad necesaria para satisfacer los requerimientos de un uso en particular y al mismo tiempo, no ser apta para otro. Puesto que no existe un tipo de agua que satisfaga los requerimientos de calidad para cualquier uso concebible ni tampoco “un criterio único de calidad para cualquier fin”, el concepto de Calidad de Aguas, se aplica siempre

en relación con un uso o aplicación previamente establecida. Por lo tanto, la calidad del agua es un término variable en función del uso concreto que se vaya a hacer de ella. Para los usos más importantes y comunes del agua existen una serie de requisitos recogidos en normas específicas basados tradicionalmente en las concentraciones de diversos parámetros físico-químicos:

- a. Físicos: sabor y olor, color, turbidez, conductividad, tº.
- b. Químicos: pH, O₂, saturación de oxígeno, sólidos en suspensión, cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos, amoniacosulfuros, hierro, manganeso, metales pesados, gases disueltos como dióxido de carbono, etc, DBO₅, DQO.

2.2.5 Sedimento

El sedimento es un material sólido acumulado sobre la superficie terrestre (litósfera) derivado de las acciones de fenómenos y procesos que actúan en la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera (vientos, variaciones de temperatura, precipitaciones meteorológicas, circulación de aguas superficiales o subterráneas, desplazamiento de masas de agua en ambiente marino o lacustre, acciones de agentes químicos, acciones de organismos vivos).

2.2.6 Monitoreo Ambiental

Monitoreo es el seguimiento regular o continuo del estado de los recursos naturales del parque o de los factores que los afectan, a

través de una serie de mediciones tomadas en el tiempo, de uno o más elementos particulares, llamados “variables”, con el propósito de orientar acciones específicas de manejo del parque nacional o monumento natural”.

"Sistema continuo de observación de medidas y evaluaciones para propósitos definidos; el monitoreo es una herramienta importante en el proceso de evaluación de impactos ambientales y en cualquier programa de seguimiento y control" (Sors, 1987).

2.2.7 Monitoreo del agua

El monitoreo del agua es un proceso de seguimiento de las condiciones de calidad y de cantidad de este recurso en cualquiera de los ambientes en que este presente, continental (superficial y subterráneo), marino o costero, durante un tiempo indefinido o definido y en un área específica. (IDEAM, 2004)

2.2.8 Actividades de Monitoreo¹

2.2.8.1. Trabajo de pre Campo

El trabajo de campo se inicia con la preparación del material necesarios para la toma de muestra y la selección del personal capacitado para el desarrollo del monitoreo. En ocasiones los cuerpos de agua a evaluar se

¹ PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS

encuentran distantes y alejados de las ciudades, es por ello que es necesario verificar con una lista de chequeo (check list) que se tienen todos los implementos para salir al campo.

Es necesario contar con un mapa de la cuenca donde se ha establecido previamente los puntos de monitoreo considerados. De ser posible, las coordenadas de cada punto deben ser introducido en un GPS para facilitar su ubicación. En caso que los puntos de monitoreo se encuentren en un lago, laguna o mar, también será necesario tener un mapa de los puntos de monitoreo ubicados en los transectos a evaluar.

El trabajo de pre campo consiste en preparar con anticipación los materiales de laboratorio, buffers de pH y conductividad, plan de trabajo, lista de chequeo, formatos de campo (hoja de campo), equipos portátiles, mapa con los puntos de monitoreo, movilidad, baterías de equipos, etc. Este trabajo previo tiene como objetivo cubrir todos los elementos indispensables para llevar a cabo un monitoreo de forma efectiva.

2.2.8.2. Trabajo de Campo

Al llegar al punto de muestreo se debe hacer una observación previa del lugar, para establecer el punto más

apropiado para recolectar la muestra y continuar con los siguientes pasos:

- ✓ Anotar las observaciones del cuerpo de agua (color, presencia de residuos, olor, presencia de vegetación acuática, presencia de vegetación ribereña, actividades humanas, presencia de animales, etc).
- ✓ Tomar lectura de las coordenadas del punto de muestreo e indicar el sistema al cual corresponde.
- ✓ Preparar los frascos a utilizar de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar.
- ✓ Las muestras de agua serán recolectadas y preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados.
- ✓ Proceder con el rotulado de los frascos. El transporte de los frascos, agua destilada y preservantes debe realizarse de preferencia en coolers para evitar su contaminación.
- ✓ Almacenar las muestras en el recipiente térmico (cooler) de forma vertical y considerando que los frascos de vidrio se encuentren apropiadamente protegidos evitando su rompimiento.
- ✓ Tomar las lecturas de los parámetros de campo (T, pH, C.E, O.D, TSD, Turbiedad, etc). las mediciones pueden ser realizadas directamente en el cuerpo de agua

siempre y cuando las condiciones lo permitan (seguridad de equipos y representatividad de la lectura) o de lo contrario tomar una muestra en un recipiente apropiado para lecturas considerando que la lectura del O.D se debe realizar de manera inmediata.

✓ De ser parte del programa de monitoreo la lectura del caudal podrá ser realizado considerando los criterios antes mencionados.

✓ Llenar la cadena de custodia debidamente con la información recogida durante los trabajos realizados. De ser necesario el envío de muestras perecibles (coliformes, DBO, etc) al laboratorio para su análisis, estas deben ir acompañadas de su respectiva cadena de custodia.

✓ Al finalizar la campaña de monitoreo las muestras de agua deberán ser transportadas hasta el laboratorio debidamente refrigeradas con Ice pack, llevando consigo la cadena de custodia.

2.2.8.3. Toma de Muestras por Parámetro

Las muestras de agua deberán ser recogidas en frascos de plástico o frascos de vidrio, lo cual dependerá del parámetro a analizar. Asimismo, el volumen necesario de muestra queda determinado por método analítico empleado por el laboratorio responsable de los análisis. Para la toma de muestras en ríos evitar las áreas de

turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente y la distancia de separación entre ambas orillas.

✓ La toma de muestra se realizará en el centro de la corriente a una profundidad de acuerdo al parámetro a determinar.

✓ Para la toma de muestras en lagos y pantanos, se evitará la presencia de espuma superficial.

✓ La toma de muestras, se realizará en dirección opuesta al flujo del recurso hídrico.

✓ Considerar un espacio de alrededor del 1% aproximadamente de la capacidad del envase (espacio de cabeza) para permitir la expansión de la muestra. La forma de tomar cada muestra dependerá de los parámetros a analizar. Así tenemos:

Parámetros Físico Químicos - inorgánicos

Generalmente estas muestras pueden ser tomadas en frascos de plástico directamente del cuerpo de agua. Antes se debe realizar el enjuague del frasco con un poco de muestra, agitar y desechar el agua de lavado corriente abajo. Este procedimiento tiene por finalidad la eliminación de posibles sustancias existentes en el interior del frasco que pudieran alterar los resultados. La muestra de estos parámetros deberá provenir del interior del cuerpo de agua en los primeros 20 cm de profundidad a partir de la superficie.

Tener en cuenta que las muestras se toman en contra corriente y colocando el frasco con un ángulo apropiado para el ingreso de agua. Estas muestras no requieren ser llenadas al 100%, pero en caso se requiera la adición de preservante se dejará cierto volumen libre para la adición del preservante respectivo. Luego de cerrar el frasco es necesario hacer la homogenización de muestra, mediante agitación. En todo momento evitar tomar la muestra cogiendo el frasco por la boca.

En el caso de la toma de muestra para determinar Metales Pesados, se utilizará frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios de un litro de capacidad. Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego preservar.

En la toma de muestra para determinar Mercurio y Arsénico se empleará frascos de plásticos de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1 litro de capacidad.

Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego preservar; así mismo mantener la muestra en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

La toma de muestras para los parámetros Físicos y iones se utilizan frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1 litro de capacidad, no requiriendo preservación y

conservándose en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

La toma de muestras para el parámetro Dureza Total y Cálcica se utilizan frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1/2 litro de capacidad y luego preservar y conservándose en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

Para la toma de muestra de los parámetros Cianuro WAD y Libre se empleará frascos de plásticos de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1/2 litro de capacidad y luego preservar.

Las características de los recipientes, volumen requerido y tipo de preservante se contemplan en el Anexo I “Requisitos para toma de muestras de agua y preservación”.

Parámetros de campo

Los parámetros a ser evaluados en campo deben ser confiables y para ello se necesita: Tener calibrados los equipos portátiles (multiparametro, oxímetro, GPS, etc.) antes de la salida al campo y verificar su correcto funcionamiento. La calibración debe realizarse de acuerdo a las especificaciones del fabricante. La calibración debe verificarse y ajustarse de ser necesario en campo. Antes de realizar las lecturas, enjuague dos a tres veces con el agua de la muestra los electrodos con el equipo apagado. Luego realizar la

medición agitando ligeramente el electrodo, dejar estabilizar la lectura y tomar nota. Luego de realizar las mediciones deberá lavar los electrodos con agua destilada utilizando una pizeta. Secar con papel toalla y guardar adecuadamente. En algunos casos el electrodo necesita conservarse en una solución salina, estos antes de guardar coloque la capucha con la solución conservadora. Al finalizar las actividades de monitoreo los equipos deben mantenerse en óptimo estado de limpieza y en buenas condiciones de funcionamiento. Debe tenerse un registro de mantenimiento de cada instrumento, a fin de llevar el control del mantenimiento, reemplazo de baterías y cualquier problema de lecturas o calibraciones irregulares al usar las sondas o electrodos. Es prudente verificar que cada equipo cumpla con los estándares de calibración antes de salir al campo.

2.2.8.4. Preservación de las muestras de agua:

Una vez tomada la muestra de agua, se procede a adicionarle el preservante requerido de acuerdo a lo estipulado en el Anexo I “Requisitos para toma de muestras de agua y preservación”. Una vez preservada la muestra, cerrar herméticamente el frasco y para mayor seguridad encintar la tapa para evitar cualquier derrame del líquido.

2.2.8.5. Identificación de las muestras de agua:

Los recipientes deben ser identificados antes de la toma de muestra con una etiqueta, escrita con letra clara y legible la cual debe ser protegida con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información:

- 1.- Número de Muestra (referido al orden de toma de muestra).
- 2.- Código de identificación (punto y/o estación de muestreo).
- 3.- Origen de la fuente.
- 4.- Descripción del punto de muestreo.
- 5.- Fecha y hora de la toma de la muestra.
- 8.- Preservación realizada, tipo de preservante utilizado.
- 9.- Tipo de análisis requerido.
- 10.- Nombre del responsable del muestreo.

2.2.8.6. Marco Legal

El presente instrumento se sustenta en la normatividad vigente establecido para la gestión de los recursos hídricos del país.

✓ Ley N° 29338, “Ley de Recursos Hídricos” del 31 de marzo de 2009, faculta a la Autoridad máxima del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos velar por la protección del agua.

- ✓ Decreto Supremo N° 001-2010-AG del 24 de marzo de 2010, aprueba el Reglamento de la Ley N°29338 “Ley de Recursos Hídricos”.
- ✓ Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA del 22 de marzo de 2010, aprueba la Clasificación de cuerpos de agua superficiales y marinos.
- ✓ Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación DS-004-2017-MINAM (Categoría N° 03).
- ✓ Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.

El ECA es la medida de la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el agua, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Para más detalle de la norma se presenta en los Cuadros N° 01.

El ECA es la medida de la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el agua, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Cuadro. 1 ECA Para Lagos y Lagunas Categoría 4

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Rios		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Niquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Cuadro. 2 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

Parámetros en mg/kg PS ^(a)	Usos del Suelo ^(b)			Métodos de ensayo ^{(c) y (d)}
	Suelo Agrícola ^(e)	Suelo Residencial/ Parques ^(f)	Suelo Comercial ^(g) / Industrial/ Extractivo ^(h)	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽ⁱ⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ^(m)	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ⁽ⁿ⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ^(o) (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ^(p) (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ^(q)	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ^(r)	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ^(s)
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWNA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Fuente: Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1 Laguna

Una laguna es un depósito natural de agua que está separado del mar y es de menores dimensiones, sobre todo en profundidad, que un lago, pudiendo sus aguas ser tanto dulces como salobres, y hasta saladas.

Las lagunas suelen ser muy productivas debido fundamentalmente al mayor contacto de los sedimentos con la superficie del agua como consecuencia de su escasa profundidad. Otras características propias suelen ser la alternancia de ciclos secos y húmedos, la geomorfología, y los diferentes usos del suelo. Además, es una extensión de agua estancada, y al ser poco profunda permite que el sol penetre hasta su fondo, impidiendo la formación de distintos estratos térmicos, como sí sucede en los lagos, en los que se distingue una zona afótica (sin luz) de otra fótica.

Las plantas con raíces pueden desarrollarse en una laguna de una costa a la opuesta, al contrario de los lagos en los cuales, al ser más grandes y hondos, sólo pueden crecer en sus márgenes y en caletas poco profundas

2.3.2 El agua

El agua es un componente esencial de todo ser vivo, siendo el disolvente general biológico. Se trata de una biomolécula de naturaleza inorgánica que representa el medio en el que ocurren la

mayoría de las reacciones celulares del metabolismo, siendo la sustancia más necesaria para la vida. Los organismos vivos son por ello dependientes del agua para su existencia. Existe además una relación clara y directa entre el contenido de agua y la actividad fisiológica del organismo (CARBAJAL y GONZÁLEZ, 2012).

2.3.3 Suelo

El suelo es la capa superior de tierra compuesta de sólidos, líquidos y gases en donde se desarrollarán las raíces de las plantas, al tomar de ahí los nutrientes necesarios para crecer.

Un suelo ideal tiene una distribución pareja de organismos sólidos, como minerales y materia orgánica, y poros para la circulación de agua y aire.

2.3.4 Estación de muestreo

Es un lugar específico cerca de o en un cuerpo receptor agua, en la cual se recoge la muestra. Su ubicación es fundamental para el éxito del programa de muestreo.

2.3.5 Cuerpo Receptor

Es el recurso que recibe o al que se arrojan directa o indirectamente los residuos de cualquier actividad humana. Es decir, son los lagos, ríos, acequias, pozos, suelos, aire, etc.

2.3.6 Estándar de Calidad:

Es el que reúne los requisitos mínimos en la calidad de agua.

2.3.7 Monitoreo

Se define por la International Organization for Standardization (ISO) como: "El procesamiento programado de análisis y posterior registro o alerta (o ambos) de varias características del agua, con el propósito de evaluar la observancia de objetivos especificados"

2.3.8 Metales Totales

Son todos los iones metálicos en una muestra no filtrada (Al, B, Ca, Mg, Ag, Ni, K, Si, Ba, Cd, Cr, Pb, Zn, Mn, Fe, Cu Hg y As).

2.3.9 Parámetros

Son aquellas características físicas, químicas y biológicas, de calidad del agua, que puede ser sometido a medición.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La calidad físico químico de aguas y suelos de la Laguna Punrun no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para

determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio.

2.4.2. Hipótesis Específicas

1. La calidad química del suelo para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental.

2. La calidad química del agua para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental.

3. La calidad física del suelo y agua para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

Contaminación en la Laguna Punrun

2.5.2. Variable dependiente

Calidad físico químico de aguas y suelos

2.5.3. Variable interviniente

- Clima
- Topografía

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Variable independiente V1: Contaminación en la Laguna Punrun

Variable dependiente V2: Calidad físico químico de aguas y suelos

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

Nuestra investigación es de tipo descriptivo, ya que es descriptivo porque es un método cualitativo que se usan en investigaciones que tienen como objetivo la evaluación de las características de la calidad de agua, ya que después de obtener los resultados describiremos los Impactos ambientales presentes al contorno de la laguna Punrun.

3.2 Métodos de investigación

El método de investigación se realizado mediante el siguiente procedimiento:

3.2.1 Trabajo de Gabinete

Se recolecto la información de la historia de cómo se generó estos pasivos ambientales en la zona denominado Jumasha, planos, monitoreo de calidad ambiental, estudios ambientales entre otros.

3.2.2 Trabajo de campo

- Monitoreo de Agua

- Monitoreo de Suelo

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de nuestra investigación es no experimental y transversal. Es no experimental ya se realiza sin manipular deliberadamente variables y transversal ya que se realizó una sola medición.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población y Muestra

Población

Para el desarrollo del siguiente trabajo la población estará conformada Por la totalidad de espejo de agua de la Laguna Punrun y sus alrededores que de 29.50 Km². Y al contorno de la laguna donde se acumula el relave donde tiene 5 Km² de área, teniendo en suma 34.50 Km²

Muestra

La muestra estamos determinando por 5 Km² área donde se ubica el relave la ex planta de procesamiento de vanadio.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnicas

- ✓ **Recolección de Datos:** Consistió en la recolección de información del monitoreo de agua realizado.

- ✓ **Observación:** Consiste en una técnica de visualización en campo de los impactos ambientales generados por los relaves y la ex planta de procesamiento de vanadio.
- ✓ **Monitoreo:** Recolección de muestras en campo
- ✓ **Análisis:** Análisis de monitoreo por un laboratorio acreditado por INACAL.

3.5.2 Instrumentos

- ✓ Fichas
- ✓ Multiparámetro
- ✓ Laboratorio Acreditado
- ✓ Materiales de Campo

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los equipos y materiales que se utilizaron para el muestreo se realizaron en concordancia con el protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Autoridad Nacional del Agua – DGCRH, para ello se cumplió con lo siguiente

3.6.1 Trabajo de pre Campo

- ✓ El trabajo de campo se inició con la preparación del material necesarios para la toma de muestra como materiales de laboratorio, buffers, Multiparámetro, plan de trabajo, lista de chequeo, formatos de campo (hoja de campo), y GPS.

3.6.2 Trabajo de Campo

Al llegar al punto se realizaron las siguientes actividades:

- ✓ El monitoreo se realizó a partir de la 9:00 am del 29 de noviembre del 2018
- ✓ Se tomó lectura de las coordenadas del punto de muestreo.
- ✓ Se recolectaron las muestras como indica la norma en envases de plásticos para el caso de parámetros químico, para luego ser preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros
- ✓ Se rotulo de los frascos a fin de ser identificados
- ✓ Se almacenaron las muestras en el recipiente térmico (cooler).
- ✓ Se tomaron las lecturas de los parámetros de campo (T, pH, C.E). las mediciones se realizaron con la toma de muestra en un vaso de precipitación.
- ✓ Se llenó la cadena de custodia debidamente con la información recogida durante los trabajos realizados.
- ✓ Al finalizar el monitoreo se trasladaron para el traslado al laboratorio hacia la ciudad de Lima

3.6.3 Toma de Muestras por Parámetro

Las muestras de agua se recolectaron en frascos de plástico y vidrio

3.6.4 Parámetros Físico Químicos - inorgánicos

- ✓ Antes se realizó el enjuague del frasco con un poco de muestra, este procedimiento tiene por finalidad la eliminación de posibles sustancias existentes en el interior del frasco que pudieran alterar los resultados.
- ✓ La muestra de estos parámetros se tomó al interior del cuerpo de agua en los primeros 20 cm de profundidad a partir de la superficie.
- ✓ Se adiciono el preservante, una vez tomada la muestra de agua, se procedió a adicionarle el preservante requerido de acuerdo a lo estipulado en el Anexo I “Requisitos para toma de muestras de agua y preservación”. luego de cerro el frasco.

3.7 Tratamiento estadístico

Identificación de las muestras de agua:

Los recipientes fueron identificados con una etiqueta con contenido de la siguiente información:

- 1.- Número de Muestra
- 2.- Código de identificación
- 3.- Origen de la fuente.
- 4.- Descripción del punto de muestreo.
- 5.- Fecha y hora de la toma de la muestra.
- 8.- Preservación realizada, tipo de preservante utilizado.
- 9.- Tipo de análisis requerido.
- 10.- Nombre del responsable del muestreo.

3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de Investigación

3.8.1 Análisis de Parámetros Químicos

Las muestras fueron analizadas por el laboratorio acreditado por INACAL, para este caso se envió al laboratorio de Servicios Analíticos Generales SAC, el 30 de noviembre del 2018 para su análisis de Sólidos Disueltos Totales, Metales Totales (Agua) y Metales Totales (Sedimentos).

En las imágenes del 05 al 11 se detalla los parámetros y los procesos de monitoreo realizado en los puntos de monitoreo de la laguna Punrun.

Imagen. 1 Monitoreo de la Calidad de Agua de la Laguna Punrun- Parámetro -TDS (Punto de Monitoreo P-1)



Imagen. 2 Monitoreo de la Calidad de Agua de la Laguna Punrun-Parámetro – Metales Totales (Punto de Monitoreo P-1)



Imagen. 3 Monitoreo de Sedimentos al contorno de la Laguna Punrun-Parámetro – Metales Totales (Punto de Monitoreo P-1)



Imagen. 4 Preservado de Muestras (Metales Totales)



**Imagen. 5 Monitoreo de la Calidad de Agua de la Laguna Punrun-
Parámetro -TDS (Punto de Monitoreo P-2)**



Imagen. 6 Monitoreo de la Calidad de Agua de la Laguna Punrun-Parametro – Metales Totales (Punto de Monitoreo P-2)



Imagen. 7 Monitoreo de Sedimentos al contorno de la Laguna Punrun-Parametro – Metales Totales (Punto de Monitoreo P-1)



Imagen. 8 Medición de Parámetros Físicos (pH, CE, OD) en Campo



3.9 Orientación ética

El trabajo de investigación se presenta respetando las normas establecidas, teniendo en cuenta los valores éticos y morales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo

4.1.1 Localización del área de estudio

Políticamente la laguna Punrun se ubica entre los territorios de los distritos de Simón Bolívar (comunidades campesinas de Ucrucancha y Sacra Familia) en el distrito de Huayllay (comunidad de Pucará), y en el distrito de Tinyahuarco (comunidades de Racracancha y Lancari) en la provincia y departamento de Pasco respectivamente².

La laguna Punrun se encuentra a 37 kilómetros al sureste de la ciudad de Cerro de Pasco, tiene una superficie que bordea los 8 km cuadrados, con una profundidad máxima de 200 metros, se sitúa sobre los 4,328 m.s.n.m. en el piso altitudinal de la puna

² Boletín N° 37. Centro de Cultura Popular LABOR.

altiplánica. (Ver gráfico 1. **Mapa de ubicación del área de estudio**).

El área de estudio se encuentra ubicado en la parte central de los Andes del Perú, entre los distritos de Simón Bolívar, Huayllay y Tinyahuarco provincia y departamento de Pasco. La altitud varía desde los 4,300 hasta los 4,670 m.s.n.m. La zona del estudio está constituida principalmente por las formaciones ecológicas de Puna, que abarca altitudes entre 4,300 a 4,500 m.s.n.m.

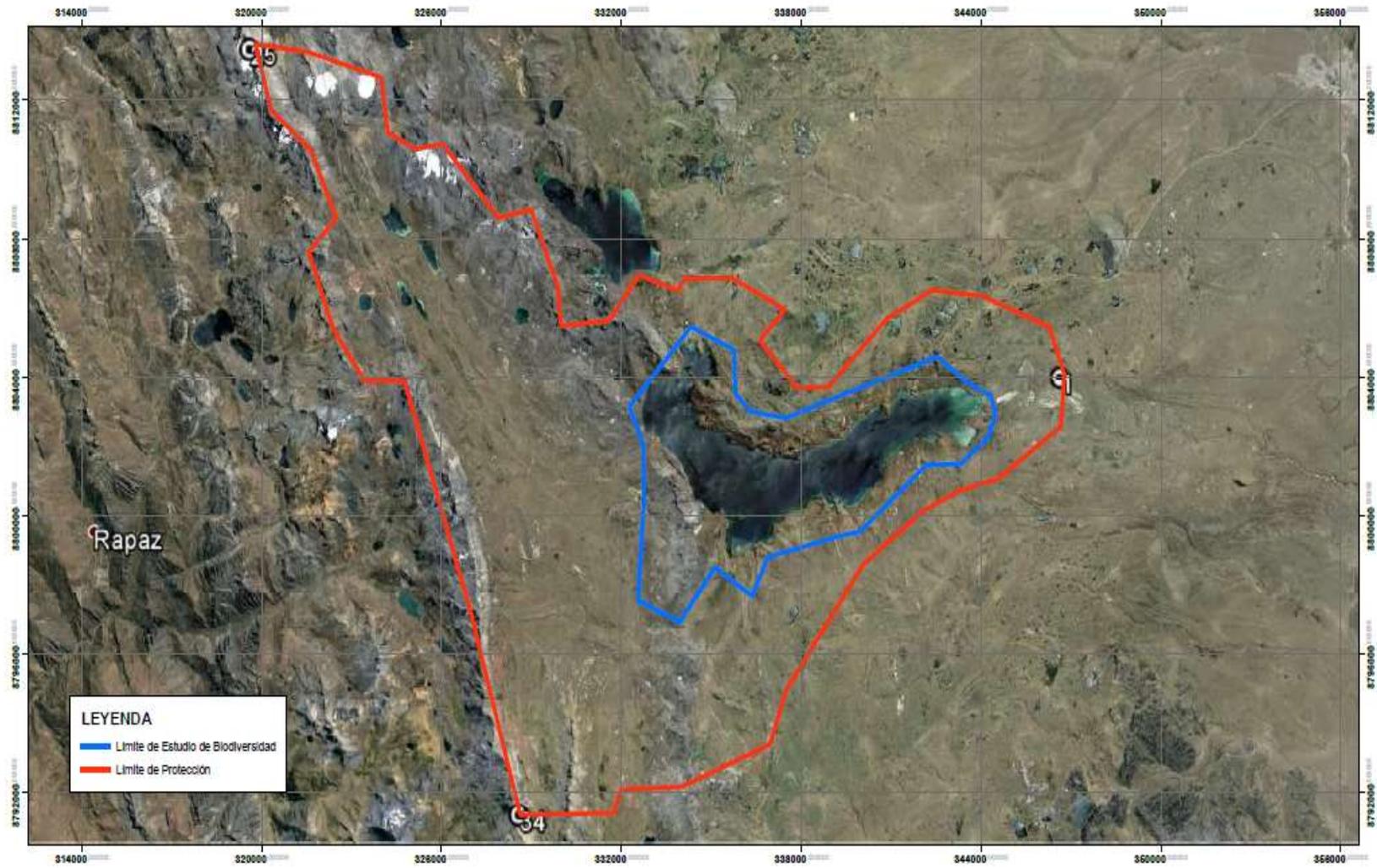
La laguna Punrun se encuentra al suroeste de la ciudad de Cerro de Pasco, capital de la provincia y departamento de Pasco, para más detalle se puede observar en el mapa N° 02 de la presente investigación.

Asimismo, en el mapa N° 03 damos a conocer las comunidades que tiene influencia en la laguna Punrun.

4.1.2 Accesibilidad - vías de comunicación

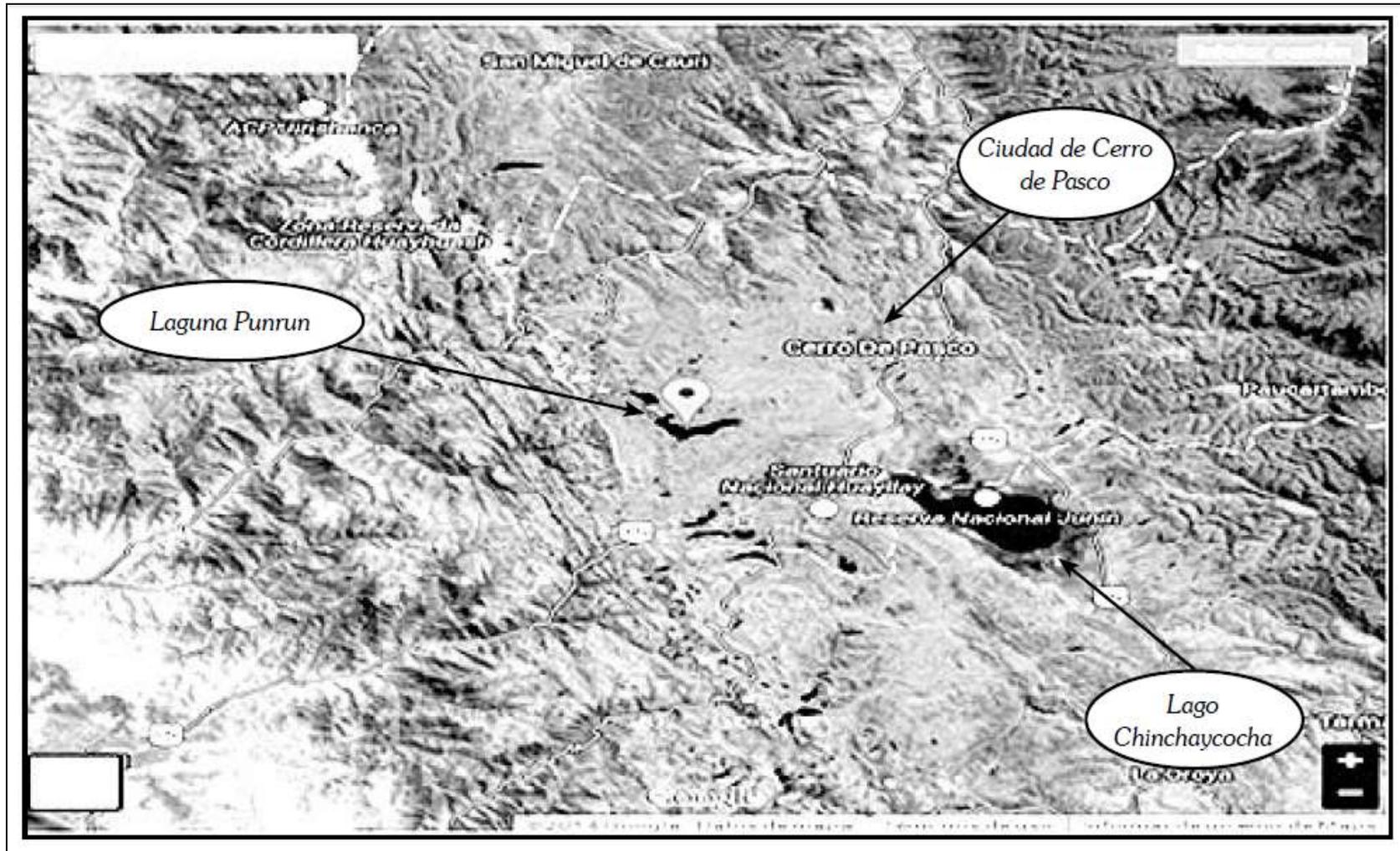
El acceso a la laguna Punrun desde la ciudad de Cerro de Pasco, es por la vía Cerro de Pasco – Colquijirca – Huaraucaca – río Blanco – represa laguna Punrun, con una distancia aproximada de 37 Km. La otra vía es desde la ciudad de Cerro de Pasco por la carretera Quiulacocha – Sacra Familia – centro poblado de Racco – represa laguna Punrun, con una distancia de 35.0 Km aproximadamente.

Mapa. 1 Mapa de ubicación del área de estudio – Laguna Punrun



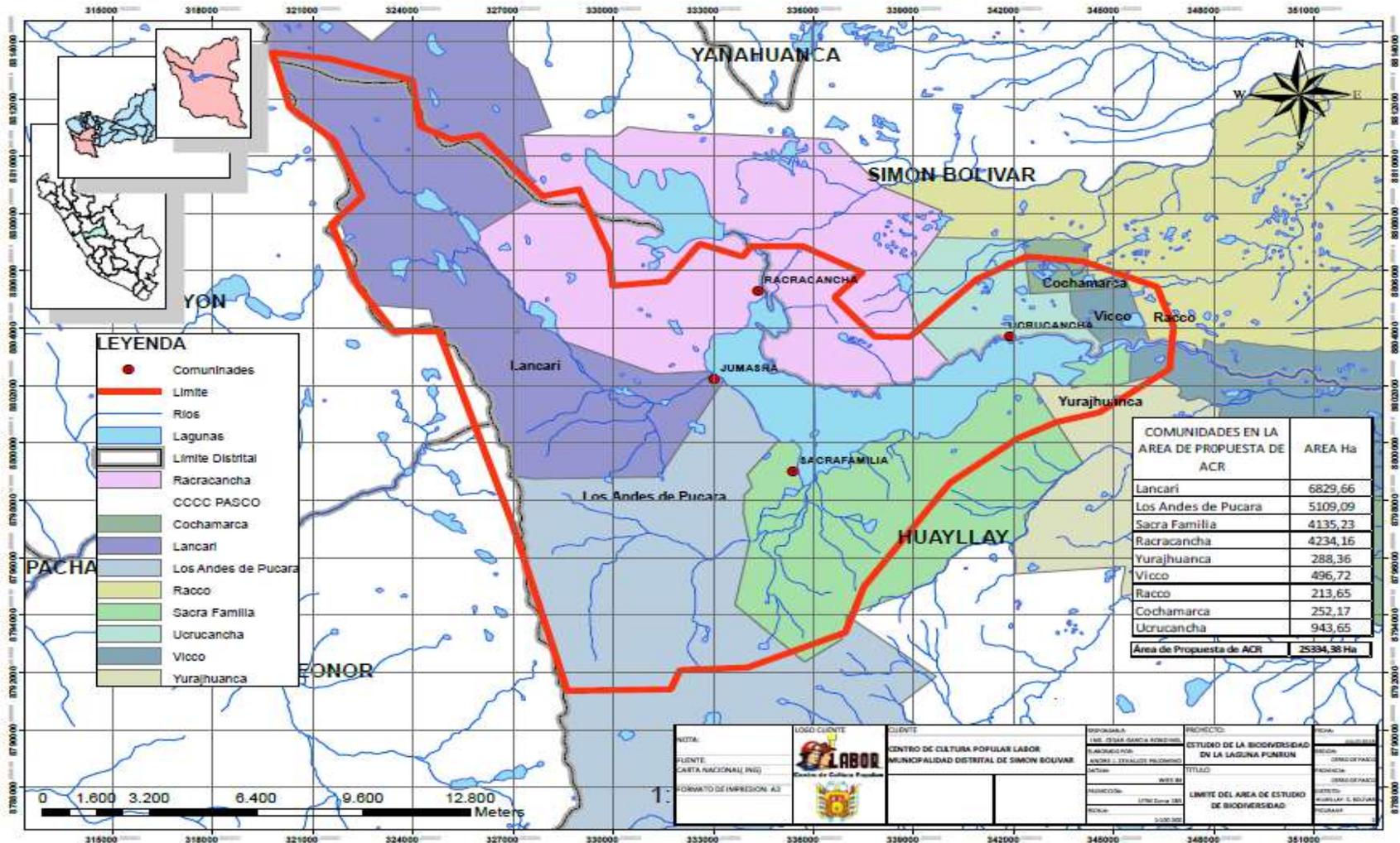
Fuente: Centro de Cultura Popular Labor

Mapa. 2 Laguna Punrun- Distante de la Ciudad de Cerro de Pasco



Fuente: Centro de Cultura Popular Labor

Mapa. 3 Mapa de Ubicación de Comunidades Campesinas



Fuente: Centro de Cultura Popular Labor

4.1.3 Aspectos generales de la laguna Punrun

La Laguna Punrun es parte fundamental del legado cultural de Pasco y un patrimonio natural invaluable, debido a los múltiples servicios ecológicos y ambientales que brinda, no solo para su entorno más inmediato, sino que los proyecta hacia toda la región central del país, pudiendo convertirse incluso en pieza fundamental del sostenimiento vital de Lima y sus más de 10 millones de habitantes.

Sin lugar a dudas, el enorme volumen de agua con su caudal de oferta promedio anual que contiene (150 Millones de Metros Cúbicos –MMC/Año) y la altura a la que se encuentra (4,328 m.s.n.m.), lo convierten a la laguna Punrun, en un reservorio hídrico de primer orden, tanto para la generación eléctrica, como para generación de agua potable, a tal punto que SEDAPAL (proveedora de agua potable de Lima) la ha mantenido en su cartera de proyectos los últimos 20 años.

Además, su gran dimensión, su paisaje alto andino prácticamente inalterado y su gran biodiversidad de flora y fauna, hacen de ella un destino ecoturístico excepcional para las fechas turísticas de mayor movilidad interna; más aún, ahora que en ella se vienen ejecutando pequeños proyectos piscícolas.

Pese a ello, el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo - MINCETUR aún no ha terminado su evaluación (no la ha “jerarquizado”), el Ministerio de Energía y Minas– MINEM, no ha incluido en su inventario de pasivos ambientales mineros, ni los relaves ni los restos de la planta concentradora Jumasha, ubicada en sus orillas al noroeste y abandonada desde 1950. Asimismo, sorprendentemente la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ha otorgado a una empresa minera del distrito de Tinyahuarco -Pasco, una licencia de uso de agua por más del 50% del volumen de oferta de agua que actualmente tiene la laguna (es decir por 227 MMC/Año). Así, se hace evidente la necesidad de ahondar en el conocimiento técnico de la Laguna Punrun, como, por ejemplo, en esta oportunidad en cuanto a la calidad de sus aguas, actividad que ha impulsado el Centro Labor entre los meses de marzo a mayo del 2015.

4.1.4 Presencia de relaves en el contorno a la laguna Punrun

En la cuenca de río Hualmey afluente de la laguna Punrun, en la hacienda Quisque, entre los años 1,889 operaba la mina denominada Ragra, de propiedad de Eulogio Fernandini, en cuyo yacimiento el Ing. de minas Antenor Rizo Patrón Lequerica, descubrió entre los carbones un mineral negro desconocido. Realizado un análisis cualitativo, se dieron con la sorpresa que contenían una fuerte proporción de Vanadio conjuntamente con azufre. Luego, mediante una serie de análisis químicos realizados

en especímenes seleccionados, se comprobó que los porcentajes de los elementos determinados se acercaban al 100%. Los exhaustivos análisis e investigaciones complementarios efectuados posteriormente a cargo del cuerpo de ingenieros de minas, bajo la jefatura del científico José Julián Bravo, demostraron que se trataba de una nueva especie de mineral, nunca antes conocida, que viene a ser el Pentasulfuro de Vanadio, a la que en justo homenaje a su descubridor, lo llamaron "Rizopatronita".

A inicios del siglo XX, este mineral era un elemento indispensable para la industria y la construcción, porque dotaba de mayor dureza al acero, siendo tal la trascendencia de este hallazgo que mina Ragra se convirtió en la primera productora de Vanadio del mundo, representando el 90% de la producción global. Es así que el año 1,905 The American Vanadium Company de Pittsburgh (E.E.U.U.) adquiere a Eulogio Fernandini la mina Ragra, en cuyas entrañas se encontraban los yacimientos de Vanadio más importantes del mundo.

La empresa norteamericana, extrajo el Vanadio mediante tajo abierto en la mina Ragra, trasladando en vagones hasta la represa de bocatoma en río Hualmey, de allí con huincha de cables de acero bajaba hasta cerca de Jumasha, continuando el traslado con vagones hasta un muelle de carguío en Jumasha; aquí cargaban entre 5 a 6 chalupas y jalados por una lancha lo trasladaban sobre la laguna Punrun, hasta el lugar denominado Casa Laguna,

cargando nuevamente el vanadio con grúas a los vagones, para transportarlo hasta el lugar denominado Ricran, sito en las inmediaciones de Huaraucaca, donde lo cargaban al tren y lo transportaba a Lima – Callao, para su exportación.

Se estima que esta actividad minera, a cargo de The American Vanadium Company, continuó operando hasta 1,950, a pesar de las repercusiones de la crisis del sistema capitalista mundial, donde en el Perú fue grave después de la segunda guerra mundial. Actualmente, en el paraje de Jumasha están los pasivos mineros, que ocupa una extensión aproximada de 8.88 Has. los mismos que no están registrados en el Ministerio de Energía y Minas MINEM; tal como puede apreciarse en la relación de Pasivos Ambientales Mineros del Departamento de Pasco.

Estudios Realizados por Centro de Cultura Labor (2015).

Al oeste de la Laguna Punrun, se encuentran abandonadas las instalaciones de la Mina Ragra, la primera mina de vanadio del Perú y la más grande de este metal en el mundo hasta 1950 (Trove, 2015). Tanto en internet, como en el Centro Labor existe amplia información acerca de la trascendencia que tuvo esta mina en la industria mundial del acero (Vanadium Investing News, 2015; Labor, 2014).

Sin embargo, y pese a que además de la bocamina, tajo abierto y botadero de desmontes, también se encuentran abandonadas las instalaciones y los

depósitos de relaves, de lo que fue su planta de concentrados “Jumasha”, aún ninguno de ellos se encuentra incluido en el último Inventario de Pasivos Ambientales Mineros -PAM (MINEM, 2015).

Esta imagen se puede observar en la imagen N° 01

Imagen. 9 Instalaciones abandonadas de la empresa Oft American Vanadium, abril 2015



Imagen. 10 Estado de los restos de la planta de beneficio de vanadio, abril del 2015



***Evaluación de Calidad de Agua influenciado por instalaciones y relaves
en la laguna Punrun-Centro Labor - abril 2015***

En Abril de 2015, se tomaron muestras del agua de la Laguna Punrun y de los relaves mineros de Jumasha, para someterlos a un análisis químico elemental, mediante la técnica de Espectrometría de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP), en el laboratorio de análisis acreditado ante Indecopi MINLAB (perteneciente a la sociedad Nacional de Organismos Acreditados en Sistemas de Calidad).

Utilizando esta técnica, fue posible determinar la cantidad en la que están presentes hasta 33 elementos químicos, especialmente el vanadio y los metales pesados, tanto en las aguas de la laguna como en los sectores aledaños.

El cuadro N° 03 contiene la ubicación de los 13 puntos de muestreo del Centro Labor, tomados en abril de 2015 y sus principales parámetros de campo.

Cuadro. 3 Puntos de análisis, Centro Labor-2015

Identificador	Ubicación		AGUA DE REFERENCIA			MUESTRA DE AGUA			Descripción
	Este	Norte	pH	Temp.	Cond.	pH	Temp.	Cond.	
L01	341677	8801564	8.1	12.3 °C	2 uS	9.1	11.8 °C	222 uS	Laguna Pomun Muelle Umancacho
L02	344483	8802970	9.0	15.5 °C	1 uS	9.1	12.3 °C	214 uS	Laguna Pomun Dique de Bocal
L03	335800	8798310	8.6	21.6 °C	1 uS	9.1	14.5 °C	355 uS	Río Tranca, antes de ingreso a la Laguna Pomun
L04	335811	879836	9.1	18.6 °C	1 uS	9.5	13.8 °C	360 uS	Laguna Pomun desembocadura Río Tranca
L05	333175	8802264	9.8	15.9 °C	1 uS	9.6	15.1 °C	232 uS	Laguna Pomun antiguo Muelle de Jumbacho
L06	333028	8802228	9.5	12.9 °C	2 uS	8.9	15.7 °C	451 uS	Agua ácida cerca a los depósitos de relaves
L07	333045	8802234	10.0	9.4 °C	2 uS	9.7	13.5 °C	294 uS	Laguna Pomun desembocadura de aguas ácidas
L08	333031	8802230							Relave cerca a Jumbacho
L09	332903	8802294							Relave cerca al Río Hualmey
L10	332885	8802328	9.3	11.0 °C	2 uS	10.2	12.8 °C	278 uS	Laguna Pomun desembocadura de río Hualmey
L11	332813	8802284	10.2	11.3 °C	2 uS	9.6	11.0 °C	280 uS	Río Hualmey antes de ingresar a la Laguna Pomun
L12	332727	8802196	10.0	11.7 °C	3 uS	3.6	13.2 °C	1725 uS	Pozos de acumulación de aguas ácidas en restos de infraestructura
L13	332709	8802124	10.0	11.7 °C	2 uS	2.5	9.5 °C	609 uS	Agua ácida depositada en antiguo piscigranja

Fuente: Centro Labor – Abril 2015

En el Cuadro N° 04, se tiene un resumen de los análisis de composición química, realizados por la técnica de Espectrometría de Plasma Acoplado Inductivamente-ICP a las 10 muestras de agua y 2 de relaves recogidas durante el trabajo de campo, del Centro Labor en abril del 2015.

Cuadro. 4 Concentraciones de los principales elementos, Centro Labor-2015

ELEMENTO	Ca	S	Fe	Mg	Na	V	Zn	Sr	Cu	K	Al	Pb
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Lim. Detec.	0.029	3.500	0.068	0.052	0.031	0.005	0.005	0.01	0.006	0.04	0.04	0.01
MUESTRA - 01	40.66	10.13	0.17	4.45	2.57	0.02		0.48		0.57	0.05	0.01
MUESTRA - 02	36.24	9.25	0.13	4.48	2.66	0.02		0.46		0.59	0.06	0.02
MUESTRA - 03	67.66	17.50	0.20	7.10	2.50			0.80		0.56	0.04	
MUESTRA - 04	68.33	17.66	0.26	7.17	2.64			0.80		0.58	0.07	0.02
MUESTRA - 05	41.27	9.70		4.45	2.41	0.03		0.47		0.58	0.09	0.02
MUESTRA - 06	93.66	31.70	0.23	3.05	1.29	2.02		0.81		0.65	0.24	0.01
MUESTRA - 07	53.90	16.63	0.19	4.37	2.01	0.73		0.60		0.67	0.19	0.02
MUESTRA - 08	87.31	29.88	0.18	3.03	0.94	8.79		0.60		0.72	0.16	
MUESTRA - 09	469.67	397.59	0.24	5.55	4.97	4.91		5.34		1.92	0.25	0.03
MUESTRA - 10	50.31	10.87	0.28	5.62	1.60	0.09		0.67		0.38	0.08	
MUESTRA - 11	52.77	6.60	12.01	5.98	2.34	0.15	0.01	0.76	0.06	1.23	0.56	0.03
MUESTRA - 12	191.46	323.55	74.06	7.18	2.06	0.01	13.06	1.20	12.29	1.75	7.82	0.03

Fuente: Adaptado del Reporte de Monitoreo, Minlab-2015

Aunque la técnica de ICP cuantifica la presencia de un elemento químico, no brinda información acerca de cómo está ligado a otros elementos, por ejemplo, las muestras L09 y L12 (cercanas a los relaves) tienen las más altas concentraciones de Azufre (S) y Hierro (Fe); luego, uno puede conjeturar que posiblemente se deba a la presencia de pirita, un mineral de Hierro y Azufre cuya composición química exige que haya 2 veces más Azufre que Hierro (FeS₂).

Así también el Calcio (Ca), posiblemente su presencia al igual que la del Manganeseo (Mn), se deba a la existencia de minerales de calcita, los cuales se encuentran en la mayoría de los depósitos geológicos de origen sedimentario.

En el cuadro N° 04 se observa que las muestras L08 y L09 (relaves) tienen las concentraciones de Vanadio (V) más altas, lo cual es consistente con la realidad y brinda el sustento técnico para formular la necesidad de establecer una estrategia de intervención en la zona.

También se encuentran otros elementos metálicos reconocidos como parámetros, para evaluar la calidad del agua, tales como el Aluminio (Al), Sodio (Na), Zinc (Zn) y Cobre (Cu), además del Plomo (Pb) metal pesado que causa mucha preocupación por sus efectos tóxicos y bioacumulables, cuando logra ingresar al organismo del ser humano.

Sin embargo, dado que el contenido de plomo apenas alcanza los 0.03 miligramos por litro, de acuerdo a los ECA-Agua cualquiera de estas aguas podría dedicarse directamente para abrevar animales, o regar cultivos, o podrían destinarse para consumo humano, previo tratamiento.

Solo las aguas en la antigua piscigranja y las que discurren desde allí (L12 y L13) tuvieron un pH ácido (menor a 7) y un contenido metálico variado (aluminio, zinc, magnesio, entre otros), por lo que puede suponerse que al ingresar a la Laguna Punrun y mezclarse con sus aguas, su contenido metálico sedimenta o se diluye significativamente (ver cuadro 2 y 3).

La cantidad de azufre presente en todas las muestras de agua, hace muy probable que todos los metales se encuentren formando sulfuros, por lo que, en tanto se encuentren dentro de los cuerpos de agua, sus impactos ambientales serían limitados.

4.1.5 Ubicación de los puntos de monitoreo

Para diagnosticar los impactos ambientales en agua producto a la presencia de relaves e instalaciones de la ex planta de procesamiento de vanadio al contorno de la laguna Punrun. Se realizó la evaluación ambiental en campo para identificar los impactos ambientales y por ende se realizó el monitoreo de la calidad de física y química del agua de la laguna Punrun y suelo del contorno de la laguna influenciada por los relaves.

Los puntos de monitoreo su ubicación se detalla en el Cuadro N° 05 y en el Mapa N° 04 y asimismo en las imágenes N° 3 de la presente investigación.

Asimismo, en el Cuadro N° 05 se detalla para la evaluación ambiental que parámetros se tomaron para determinar la calidad física y química del agua, como así también calidad química de los sedimentos.

Cuadro. 5 Ubicación de los Punto de Monitoreo y Tipo de Parámetros

Código	Descripción	Coordenadas UTM	Altura (msnm)	Parámetros Físico (Agua)	Parámetros Químico (Agua)	Sedimento (Suelo)
P-1	Punto de Monitoreo -Zona Izquierda Relavera Jumasha	E 332930 N 8802338	4387	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Conductividad Eléctrica • Oxígeno 	<ul style="list-style-type: none"> • Metales Totales 	<ul style="list-style-type: none"> • Metales Totales
P-2	Punto de Monitoreo -Zona Derecha Relavera Jumasha	E 332990 N 8802305	4388	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Conductividad Eléctrica • Oxígeno 	<ul style="list-style-type: none"> • Metales Totales 	<ul style="list-style-type: none"> • Metales Totales

Fuente: Elaboración Propia

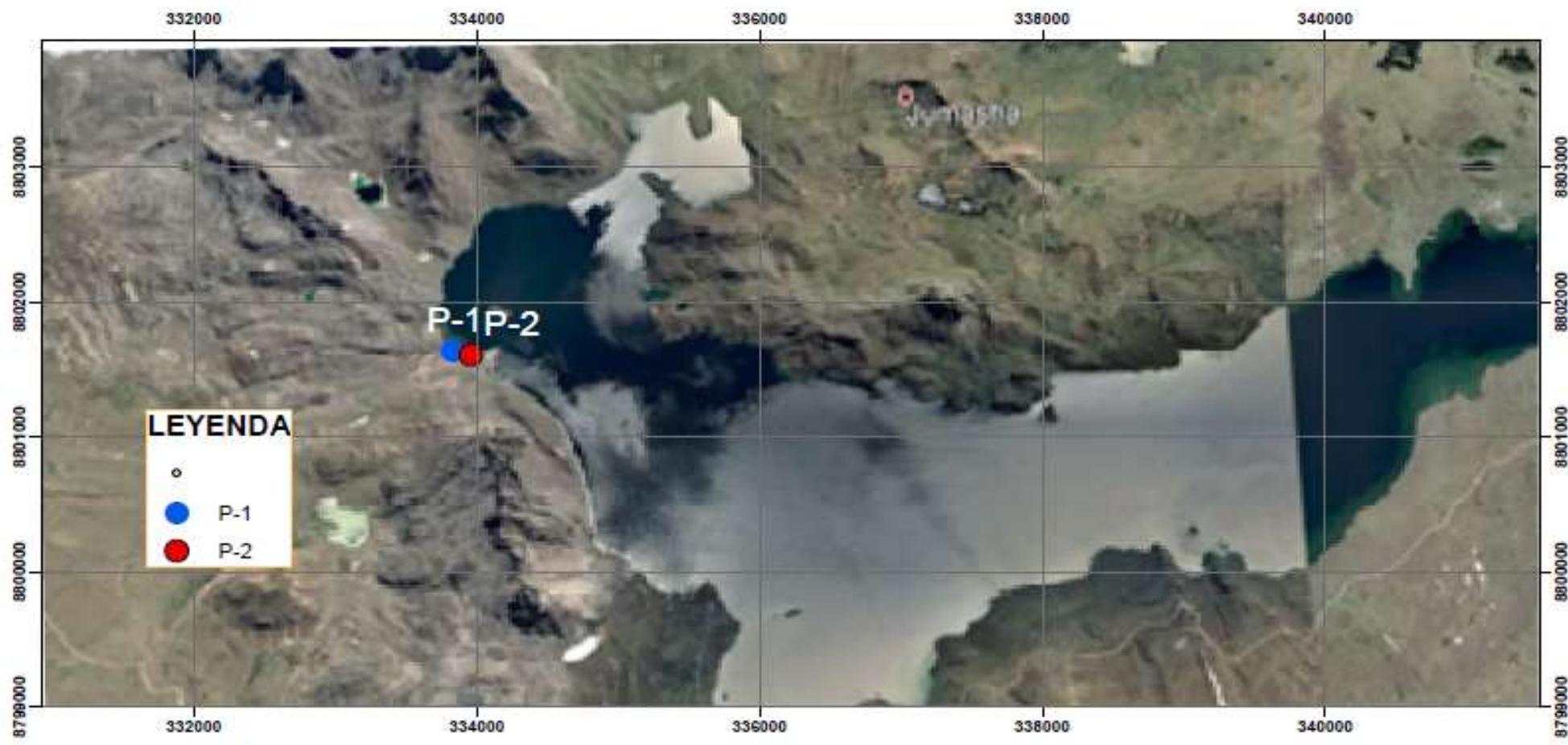
Imagen. 11 Identificación y Toma de Coordenadas de los Puntos de Monitoreo Nº 01 y 02



Imagen. 12 Vista de los Puntos de Monitoreo al contorno de la laguna Punrun



Mapa. 4 Mapa de Ubicación de Puntos de Monitoreo



4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados

Finalizado el proceso de recolección de información podemos determinar los resultados emitido por el laboratorio acreditado por INACAL y producto determinamos los contaminantes presentes en las aguas y suelo por la presencia de relaves e instalaciones de la ex planta de procesamiento de vanadio al contorno de la laguna Punrun.

RESULTADO DE CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA PUNRUN

4.2.1 Resultados de los Parámetros Físicos de la Calidad de Agua de Laguna Punrun

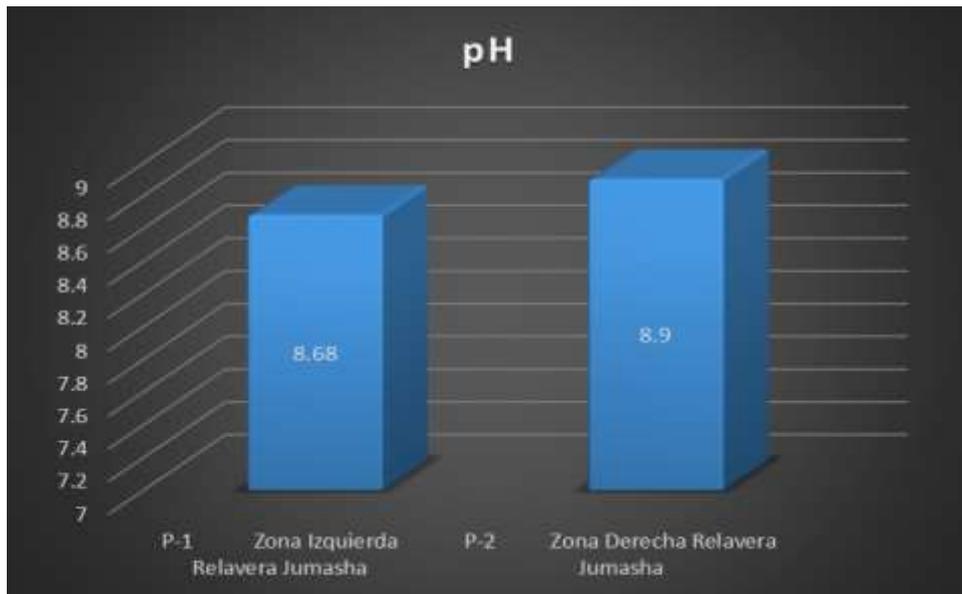
Los resultados reportados por el laboratorio acreditado por INACAL podemos detallar a continuación:

Cuadro. 6 Resultados de los Parámetros Físicos-Laguna Punrun

Parámetros	Unidad	"ECA 4 " Permitido	P-1 Zona Izquierda Relavera Jumasha	P-2 Zona Derecha Relavera Jumasha
pH	-----	6.5-9	8.68	8.9
Conductividad Electrica	uS/cm	1000	307	318
Oxígeno Disuelto	mg/lt	>5	3.03	3.6

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 1 Resultado del Parámetro pH



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 2 Resultado del Parámetro Conductividad Eléctrica



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 3 Resultado del Parámetro Oxígeno Disuelto



Fuente: Elaboración Propia

Análisis de los Resultados de los Parámetros Físicos

La Laguna Punrun está considerado dentro de los Estándares de Calidad Ambiental como Categoría 4 para (Lagos y Lagunas).

- Para el caso del Potencia de Hidrogeno (pH) el estándar considerado es de 6.5 – 9.0 por lo que vemos en los dos puntos de monitoreo del P-1 (Zona Izquierda Relavera Jumasha) y P-2 (Zona Derecha Relavera Jumasha) cumple con las ECA para categoría 4, ya que en el punto P-1 el pH es de 8.68 y en el punto P-2 el pH es de 9.0 encontrándose dentro del estándar permitido.
- Para el caso de la Conductividad Eléctrica está considerado dentro de los Estándares de Calidad Ambiental como Categoría 4, el estándar permitido es de 1000 uS/cm, en los resultados obtenidos tenemos en los dos puntos de monitoreo del P-1 (Zona Izquierda Relavera Jumasha) y P-2 (Zona Derecha Relavera Jumasha), ya que en el P-1 la

CE es de 307 uS/cm y en el punto P-2 el pH es de 318 uS/cm, encontrándose dentro del estándar permitido.

- Para el caso de la Oxígeno Disuelto está considerado dentro de los Estándares de Calidad Ambiental como Categoría 4, el estándar permitido es de >5 mg/l, en los resultados obtenidos tenemos en los dos puntos de monitoreo del P-1 (Zona Izquierda Relavera Jumasha) y P-2 (Zona Derecha Relavera Jumasha), ya que en el P-1 la CE es de 3.03 mg/l y en el punto P-2 el pH es de 3.6 mg/l, estando por debajo del estándar permitido, realizando el análisis en campo seguramente es porque en la zona que bordea los relaves y la Laguna Punrun no se tiene ningún tipo de vegetación terrestre y acuática que ayude a generar oxígeno y asimismo el agua se encuentra casi estático por lo que poca de su producción de oxígeno.

4.2.2 Resultados de los Parámetros Químicos de la Calidad de Agua de Laguna Punrun

Los resultados reportados por el laboratorio acreditado por INACAL podemos detallar a continuación

4.2.2.1 Parámetro Sólidos Disueltos Totales

Cuadro. 7 Resultados de los Parámetros Físicos-Laguna Punrun

Parámetros	Unidad	"ECA 4 " Permitido	P-1 Zona Izquierda Relavera Jumasha	P-2 Zona Derecha Relavera Jumasha
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	≤ 25	197	257

Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.

Gráfico. 4 Resultado del Parámetro Sólidos Disueltos Totales



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación del parámetro Sólidos Disueltos Totales

Según los Estándares de Calidad Ambiental para Categoría 4 (Lagos y Lagunas), los Sólidos Disueltos Totales es de ≤ 25 mg/l, por lo que vemos en los dos puntos de monitoreo de la Laguna Punrun P-1 Zona Izquierda Relavera Jumasha y P-2 Zona Derecha Relavera Jumasha no cumple con las ECA para categoría 4, ya que en el P-1 la Sólidos Disueltos Totales es de 197 mg/l y en el punto P-2 el Sólidos Disueltos Totales es de 257 mg/l. Esta presencia se debe principalmente al arrastre de los relaves que se encuentra alrededor de laguna, ya que la mencionada laguna no se encuentra protegida o remediada.

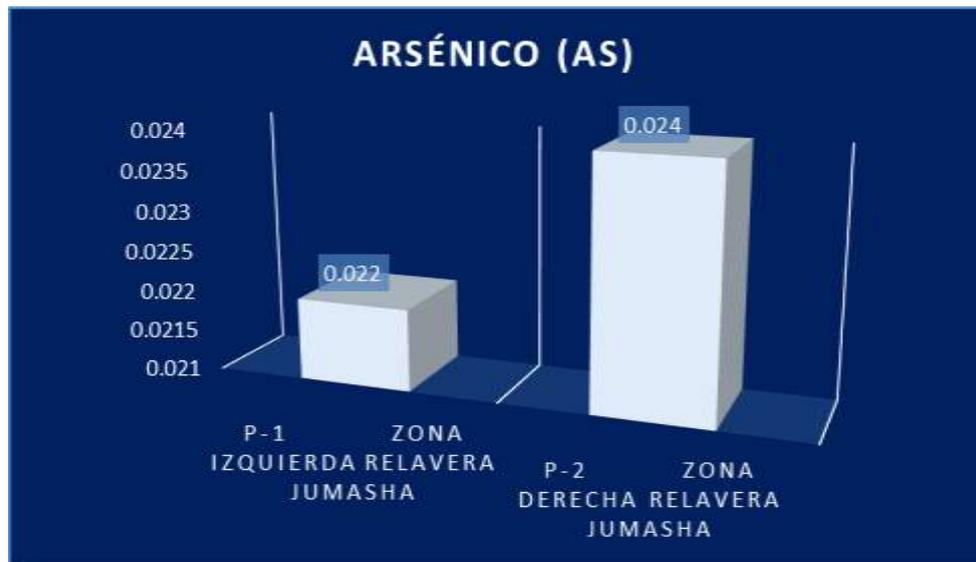
4.2.2.2 Parámetro – Metales Totales

Cuadro. 8 Resultados de los Parámetros Físicos-Laguna Punrun

		"ECA 4" Permitido	P-1 Zona Izquierda Relavera Jumasha	P-2 Zona Derecha Relavera Jumasha
Metales Totales(mg/l)	Plata (Ag)	—	0.0007	0.0007
	Aluminio (Al)	—	2.16	4.11
	Arsénico (As)	0.15	0.022	0.024
	Boro (B)	—	0.091	0.049
	Bario(Ba)	0.7	0.259	0.411
	Berilio(Be)	—	0.0003	0.0003
	Calcio (Ca)	—	400	400
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.0004	0.0004
	Cerio (Ce)	—	0.029	0.411
	Cobalto (Co)	—	0.0028	0.0027
	Cromo (Cr)	0.011	0.0016	0.0018
	Cobre (Cu)	0.1	0.0052	0.0019
	Hierro (Fe)	—	4.583	0.971
	Mercurio (Hg)	0.0001	0.001	0.001
	Potasio (K)	—	13.64	15.99
	Litio (Li)	—	0.016	0.019
	Magnesio (Mg)	—	10.12	11.49
	Manganeso (Mn)	—	2.0668	4.3957
	Molibdeno (Mo)	—	0.361	0.46
	Sodio (Na)	—	12.89	16.15
	Niquel (Ni)	—	0.4078	0.302
	Fósforo (P)	0.035	0.222	0.243
	Plomo (Pb)	0.0025	0.0154	0.0152
	Antimonio (Sb)	0.64	0.002	0.002
	Selenio(Se)	0.005	0.004	0.003
	Estaño (Sn)	—	0.001	0.001
	Estroncio (Sr)	—	12.184	11.995
	Titanio (Ti)	—	0.0417	0.0463
Talio (Tl)	—	0.003	0.003	
Vanadio(V)	—	10.0418	7.9582	
Zinc (Zn)	0.12	0.073	0.003	

Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.

Gráfico. 5 Presencia de Arsénico –Laguna Punrun



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 6 Presencia de Bario –Laguna Punrun



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 7 Presencia de Cadmio –Laguna Punrun



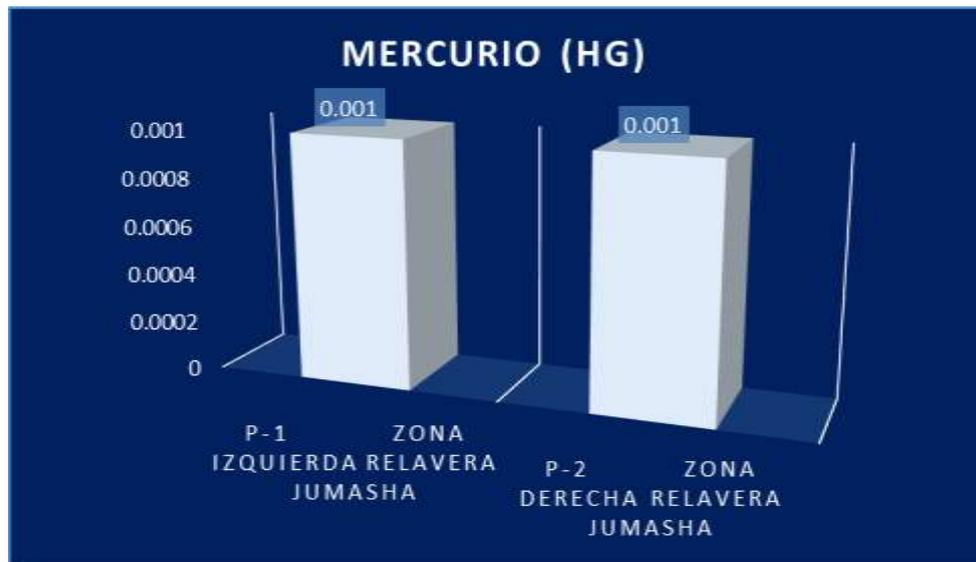
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 8 Presencia de Cromo –Laguna Punrun



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 9 Presencia de Mercurio–Laguna Punrun



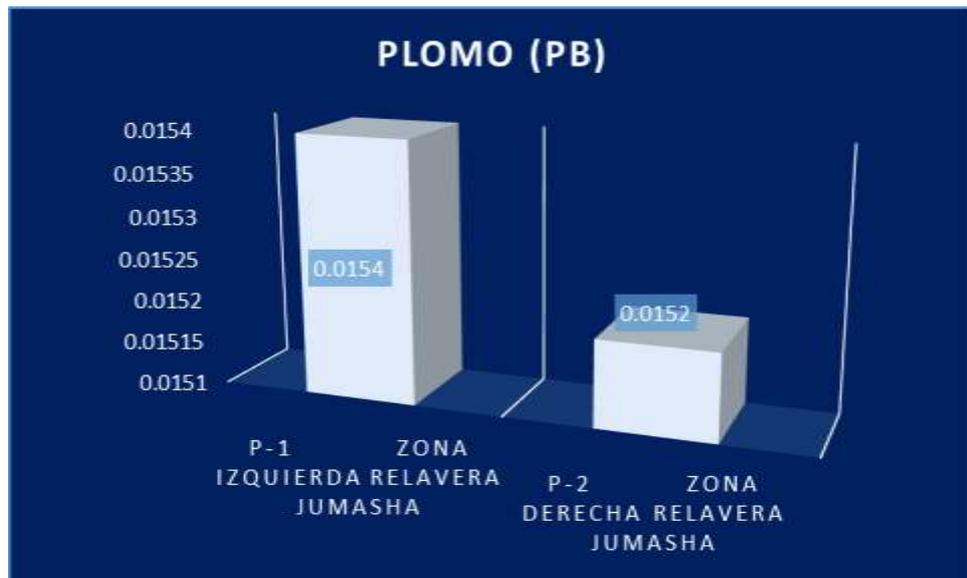
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 10 Presencia de Fosforo–Laguna Punrun



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 11 Presencia de Plomo –Laguna Punrun



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 12 Presencia de Selenio –Laguna Punrun



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 13 Presencia de Plomo –Laguna Punrun



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 14 Presencia de Vanadio –Laguna Punrun



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación del parámetro Metales Totales

La Laguna Punrun está considerado dentro de los Estándares de Calidad Ambiental como Categoría 4 para (Lagos y Lagunas).

- Para el caso de Metales Totales el estándar considerado es diferentes concentración de acuerdo al tipo de metales, por lo que vemos en los dos puntos de monitoreo P-1 Zona Izquierda Relavera Jumasha P-2 Zona Derecha Relavera Jumasha, cumple con las ECA para categoría 4 a excepción del plomo que el estándar permitido es 0,0025 mg/l, por lo que puede observar en el cuadro N° 8 y gráfico N° 11, el plomo en el P-1 se encuentra en 0.0154 mg/l y en el P-2 se encuentra en 0.0152 mg/l, lo cual ligeramente pasa del estándar permitido y esta presencia se debe al arrastres de relaves del contorno de la Laguna Punrun.
- Para el caso del metal Vanadio, es un metal no regulado en el Perú, por lo que en la actualidad no se encuentra un parámetro de referencia, solo se tiene estudios preliminares de concentración de vanadio según la EPA (Cuadro N° 09), en una escala de 0 a 11 donde 0 mg/l es considerado bajo y 11 alto mg/l, tal como se fundamenta en el cuadro N° 10.

- Determinando los resultados tenemos en los dos puntos de monitoreo, Punto 1: Zona Izquierda Relavera Jumasha, Punto 2: Zona Derecha Relavera Jumasha, en el P-1 se tiene la presencia de vanadio en 10.0418 mg/l. y el P-2 el Vanadio se encuentra en 7.9582 mg/l por resultados obtenido el Vanadio se encuentra dentro de lo permitido, pero teniendo en mayor concentración en el punto P-1 lo cual se encuentra casi en la concentración alta, esta presencia de Vanadio se debe al arrastres de relaves del contorno de la Laguna Punrun.

Cuadro. 9 Normativa de Vanadio-EPA

Contaminante	Promedio	Rango (Bajo - Alto)	NMC	Fuente probable
Chlorato (ppb)	34	0 - 96	N/A	Subproducto de la desinfección, defoliante agrícola
Cromo hexavalente (ppb)	4,46	0 - 12	100*	Descarga de fábricas de acero y celulosa: erosión de depósitos naturales
Molibdeno (ppb)	1,8	0 - 5,1	N/A	Erosión de depósitos naturales
Estroncio (ppm)	447	0 - 1000	N/A	Erosión de depósitos naturales
Vanadio(ppb)	3,0	0 - 11	N/A	Erosión de depósitos naturales

* El cromo hexavalente está regulado en la actualidad como un componente del cromo total. El NMC para el cromo total es 100 ppb.

NMC: Nivel máximo de contaminante; el nivel máximo de un contaminante que se permite en el agua potable.

4.2.2.3 Parámetro – Metales Totales-Suelo

Cuadro. 10 Resultados de los Parámetros Físicos-Suelo Contorno Laguna Punrun

		"ECA 4" Permitido	P-1 Zona Izquierda Relavera Jumasha	P-2 Zona Derecha Relavera Jumasha
Metales Totales(mg/lit)	Plata (Ag)	—	0.0007	0.0007
	Aluminio (Al)	—	2.16	4.11
	Arsénico (As)	0.15	0.022	0.024
	Boro (B)	—	0.091	0.049
	Bario(Ba)	0.7	0.259	0.411
	Berilio(Be)	—	0.0003	0.0003
	Calcio (Ca)	—	400	400
	Cadmio (Cd)	0.00025	0.0004	0.0004
	Cerio (Ce)	—	0.029	0.411
	Cobalto (Co)	—	0.0028	0.0027
	Cromo (Cr)	0.011	0.0016	0.0018
	Cobre (Cu)	0.1	0.0052	0.0019
	Hierro (Fe)	—	4.583	0.971
	Mercurio (Hg)	0.0001	0.001	0.001
	Potasio (K)	—	13.64	15.99
	Litio (Li)	—	0.016	0.019
	Magnesio (Mg)	—	10.12	11.49
	Manganeso (Mn)	—	2.0668	4.3957
	Molibdeno (Mo)	—	0.361	0.46
	Sodio (Na)	—	12.89	16.15
	Niquel (Ni)	—	0.4078	0.302
	Fósforo (P)	0.035	0.222	0.243
	Plomo (Pb)	0.0025	0.0154	0.0152
	Antimonio (Sb)	0.64	0.002	0.002
	Selenio(Se)	0.005	0.004	0.003
	Estaño (Sn)	—	0.001	0.001
	Estroncio (Sr)	—	12.184	11.995
	Titanio (Ti)	—	0.0417	0.0463
Talio (Tl)	—	0.003	0.003	
Vanadio(V)	—	10.0418	7.9582	
Zinc (Zn)	0.12	0.073	0.003	

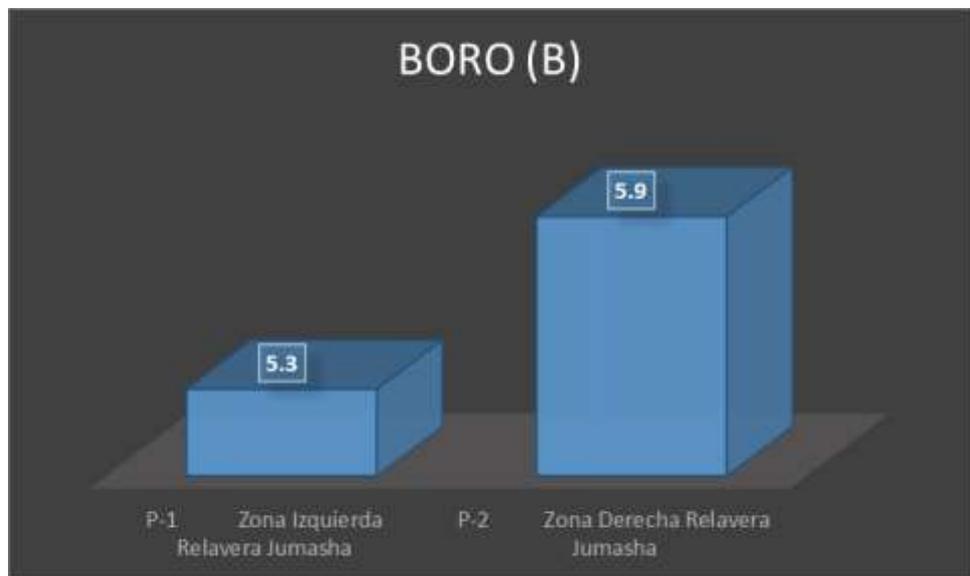
Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.

Gráfico. 15 Presencia de Arsénico –Laguna Punrun



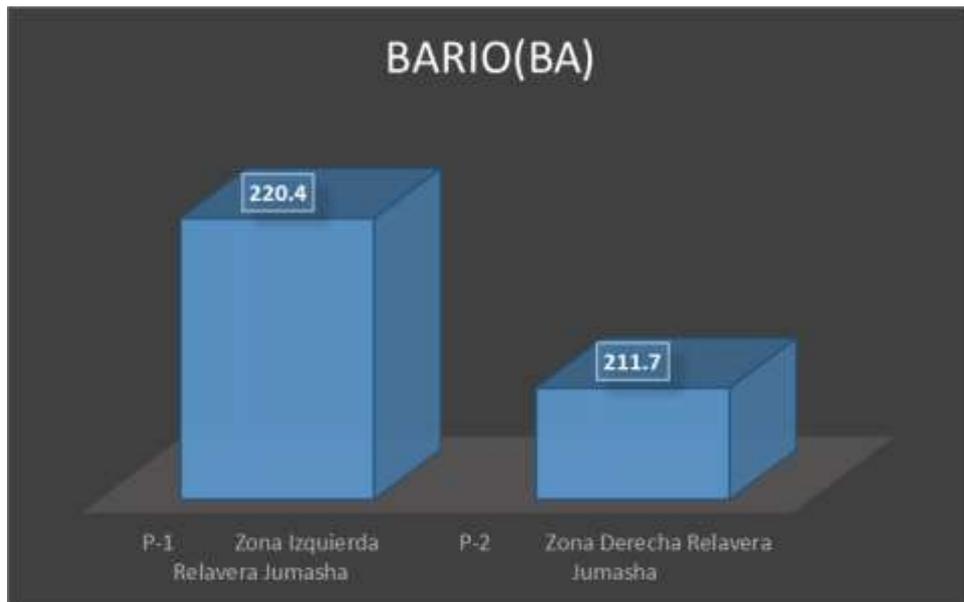
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 16 Presencia de Boro –Laguna Punrun



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 17 Presencia de Bario –Laguna Punrun



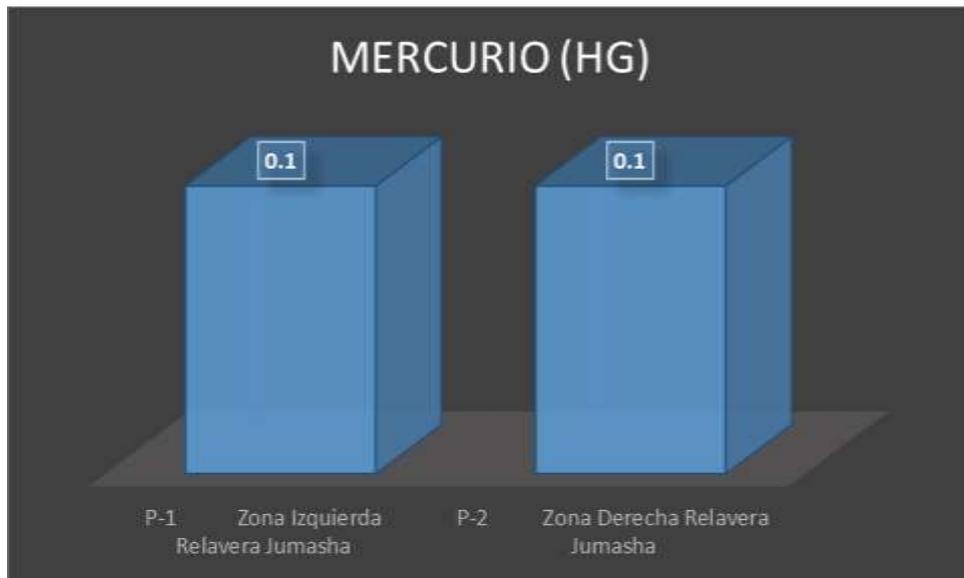
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 18 Presencia de Bario –Laguna Punrun



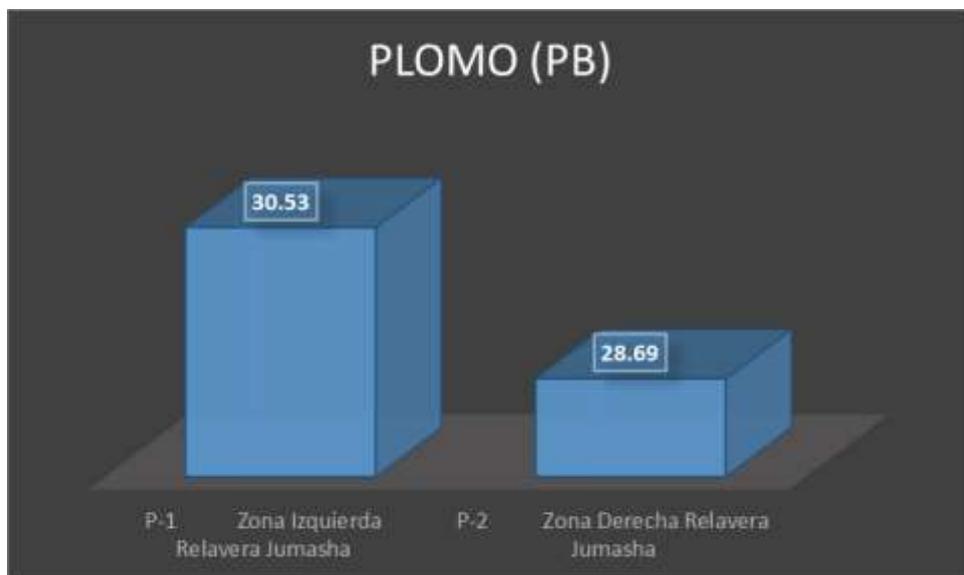
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 19 Presencia de Mercurio –Laguna Punrun



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico. 20 Presencia de Plomo–Laguna Punrun



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación del parámetro Metales Totales - Suelo

Según los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, por presentar relaves y por encontrarse en abandono las instalaciones de la ex planta en esta zona de Jumasha lo consideraremos ECA-Para Suelo, Zona Industrial.

- Concerniente al suelo, para el caso de Metales Totales el estándar de calidad ambiental es diferentes concentración de acuerdo al tipo de metales, por lo que vemos en los dos puntos de monitoreo P-1 Zona Izquierda Relavera Jumasha P-2 Zona Derecha Relavera Jumasha, cumple con las ECA-Suelo para los metales que se encuentra regulados tal como se puede observar en la tabla N° 10 y gráficos del N° 15 al 21. Por lo que podemos dilucidar que para ECA-Suelo cumple con la normativa.

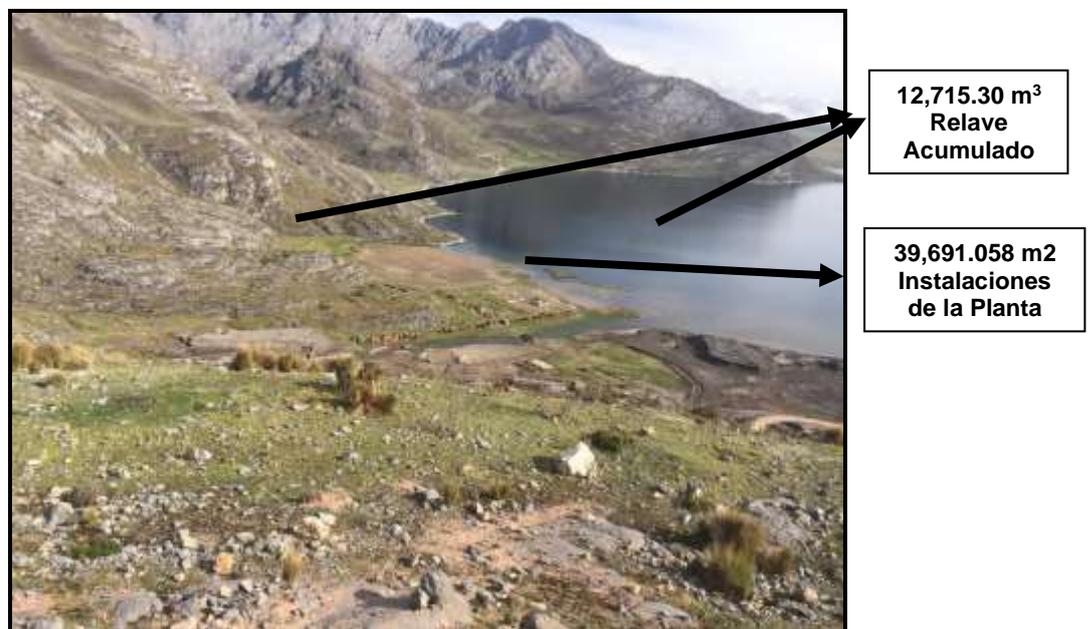
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA PRESENCIA DE RELAVES

Como se pudo constatar en campo la presencia de relaves acumulado es de 12,715.30 m³ que se encuentra a la orilla de la Laguna Punrun, esto se encuentra en contacto directo tal como se puede apreciar en la imagen afectando en la calidad física y química del agua. Para más detalle se puede observar en la imagen N° 13 de la presente investigación

Con respecto a las Instalaciones de la Planta este tiene ocupando un área de 39,691.058 m², estas instalaciones vienen generando drenaje ácido ya que en sus inmediaciones se evidencia restos de vanadio asociado al sulfuro de hierro (Pirita) lo cual genera drenaje ácido que percola con dirección a la Laguna Punrun. Para más detalle se puede observar en la imagen N° 13 de la presente investigación

Pero de acuerdo a los resultados los metales totales en agua, el plomo pasa en un mínimo concentración y asimismo con respecto a los sólidos totales disueltos que para la concentración para aguas de categoría 4 según los Estándares de Calidad Ambiental.

Imagen. 13 Presencia de Relaves y Instalaciones de la Planta



4.3. Prueba de hipótesis

Concluida la presente investigación hipótesis planteada fue:

“La calidad físico químico de aguas y suelos de la Laguna Punrun no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio.”

Por lo tanto, una vez más podemos mencionar que la Hipótesis es válida, ya que se pudo constatar, según el análisis en laboratorio que la presencia los sólidos disueltos totales y plomo superan los estándares de calidad ambiental permitidos afectando la calidad química del agua, pero los parámetros físicos si cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría N° 04.

4.4. Discusión de resultados

En la investigación ***“EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS Y SUELO DE LA LAGUNA PUNRUN PARA DETERMINAR SU CONTAMINACIÓN POR ARRASTRE DE LOS RELAVES DE LA EX PLANTA DE PROCESAMIENTO DE VANADIO TINYAHUARCO-PASCO 2018”***:

Como se vuelve a reiterar la presencia de relaves acumulado al contorno de la Laguna Punrun es de 12,715.30 m³ este relave al estar expuesto sin ningún tipo de prevención o mitigación ambiental, lo cual hace que arrastra los sólidos totales disueltos hacia la laguna Punrun, ya que se pudo

constatar que según los Estándares de Calidad Ambiental para Categoría 4 (Lagos y Lagunas), los Sólidos Disueltos Totales es de ≤ 25 mg/l, por lo que vemos en los dos puntos de monitoreo de la Laguna Punrun P-1 Zona Izquierda Relavera Jumasha y P-2 Zona Derecha Relavera Jumasha no cumple con las ECA para categoría 4, ya que en el P-1 la Sólidos Disueltos Totales es de 197 mg/l y en el punto P-2 el Sólidos Disueltos Totales es de 257 mg/l.

Asimismo otro parámetro a diferencia de los sólidos totales disueltos que supera el estándar permitido es el plomo, por lo que vemos en los dos puntos de monitoreo P-1 Zona Izquierda Relavera Jumasha y P-2 Zona Derecha Relavera Jumasha, el plomo en el P-1 se encuentra en 0.0154 mg/l y en el P-2 se encuentra en 0.0152 mg/l, lo cual ligeramente pasa del estándar de calidad ambiental permitido y esta superación del plomo se debe al arrastres de relaves del contorno de la Laguna Punrun.

Por lo que en conclusión podemos mencionar que la laguna Punrun viene afectándose negativamente por la presencia de Relaves y la ex planta de procesamiento de vanadio con contenidos altos de sólidos totales disueltos y plomo.

Por otro lado, el Vanadio en los dos puntos de monitoreo, Punto 1: Zona Izquierda Relavera Jumasha, Punto 2: Zona Derecha Relavera Jumasha, en el P-1 se tiene la presencia de vanadio en 10.0418 mg/l. y el P-2 el Vanadio se encuentra en 7.9582 mg/l por los resultados obtenido el Vanadio se

encuentra dentro de lo permitido, pero teniendo en mayor concentración en el punto P-1 lo cual se encuentra casi en la concentración alta, esta presencia de Vanadio se debe al arrastres de relaves del contorno de la Laguna Punrun.

CONCLUSIONES

1. La presencia de relaves acumulado al contorno de la Laguna Punrun es de 12,715.30 m³ este relave al estar expuesto sin ningún tipo de prevención o mitigación ambiental, arrastra los sólidos totales disueltos hacia la laguna Punrun, infringiendo los Estándares de Calidad Ambiental para Categoría 4, ya que en el P-1 la Sólidos Disueltos Totales es de 197 mg/l y en el punto P-2 el Sólidos Disueltos Totales es de 257 mg/l. Para el caso de Metales Totales el plomo en el P-1 se encuentra en 0.0154 mg/l y en el P-2 se encuentra en 0.0152 mg/l, lo cual ligeramente pasa del estándar permitido.
2. Por otro lado, en el P-1 se tiene la presencia de vanadio en 10.0418 mg/l. y el P-2 el Vanadio se encuentra en 7.9582 mg/l, pero teniendo en mayor concentración en el punto P-1 lo cual se encuentra casi en la concentración alta, esta presencia de Vanadio se debe a los arrastres de relaves del contorno de la Laguna Punrun.
3. La calidad química y física de los suelos aledaños a la laguna Punrun cumple con los estándares de calidad ambiental para suelos específicamente para los metales totales.
4. La Laguna Punrun es parte fundamental del legado cultural de Pasco y un patrimonio natural invaluable, debido a los múltiples servicios ecológicos y ambientales que brinda, no solo para su entorno más inmediato, sino que los proyecta hacia toda la región central del país, pudiendo convertirse

incluso en pieza fundamental del sostenimiento vital de Lima y sus más de 10 millones de habitantes.

5. Químicamente, las aguas de la laguna Punrun en el caso del Plomo pasan de los estándares de calidad ambiental para la categoría 4, esto posiblemente por el arrastre de los relaves considerados pasivos ambientales.

RECOMENDACIONES

1. Iniciar los trámites para el reconocimiento de los pasivos ambientales de Jumasha, como pasivos ambientales en abandono, dado que no se encuentran comprendidos en ninguna de las concesiones otorgadas en la zona.
2. Ser vigilantes con cualquier actividad que involucre la remoción mecánica del material de las relaveras dejadas en Jumasha, toda vez que, a través del tiempo que éstas han sido erosionadas por el agua y el viento han incrementado los metales totales en las aguas de la laguna Punrun.
3. El estado a través de la empresa estatal Activos Mineros debe programar la remediación o el retiro de los relaves al contorno de la Laguna Punrun, ya que a la fecha como se pudo determinar en la investigación está afectando la calidad de agua de la laguna más grande de la región Pasco.
4. Fomentar el presente estudio a las instituciones como OEFA, Gobierno Regional de Pasco, Universidad Nacional "Daniel Alcides Carrión" para fines de información y la toma de acciones en el preservado de la Laguna Punrun.

5. Realizar estudios de flora y fauna presentes en la Laguna Punrun, a fin de determinar el porcentaje de metales presentes en los seres vivos mencionados.

BIBLIOGRAFÍA

Centro de Cultura Popular LABOR, Municipalidad Distrital de Simón Bolívar de Rancas (2016). Estudio de Biodiversidad del Ecosistema y Análisis de la Calidad del Agua-Pasco Perú.

Edith Orellana Mendoza(2015), Riesgo ambiental por pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris, Huancayo-Perú.

Deyvi Cristian Pari Huaquisto(2017); Efectos de los Relaves Mineros en la Calidad del Agua del Río Ananea – Puno.

Gabriela Muñoz Aracena (2017). Estudio del relave abandonado Anita, comuna de tiltil y sus posibles implicancias a la comunidad. Santiago de Chile.

Ing. Zótico MATO ILDEFONSO -Centro de Cultura Popular LABOR(2014) Estudio Hidrológico de la Laguna Mágica “Punrun” Establecimiento del Área de Conservación del Ecosistema de la Laguna Punrun, Provincia y Departamento de Pasco.

López Ruiz, Miguel (1997): Normas técnicas y de estilo para el trabajo académico (2ª ed.). México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México.

Ministerio de Agricultura Autoridad Nacional del Agua (2010) Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Autoridad Nacional Del Agua DGCRH.

Ministerio del Ambiente (2017). Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Sabino, Carlos A. (1998): Cómo hacer una tesis. Y elaborar todo tipo de escritos (2ª ed.). Buenos Aires: Lumen/Hvmanitas.

Schmelkes, Corina (1998): Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación (tesis) (2ª ed.). México, DF: Oxford.

Páginas de Internet:

1. Wikipedia Enciclopedia Libre(2015) El Relave extraído de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Relave>
2. El Brocal (2018) La Planta Concentradora http://www.elbrocal.pe/planta_concentradora.html
3. Gestion de Recuros Naturales (2010) Evaluación ambiental <https://www.grn.cl/evaluacion-ambiental.html>
4. Semis (2016). Qué Es El Suelo extraído de <http://www.seminis.mx/blog-que-es-el-suelo/>

5. Ricardo Hernández (2012). Diseño de Investigación. Extraído de <https://es.slideshare.net/Spaceeeboy/diseo-de-investigacion-transversal-y-longitudinal>

ANEXOS

ANEXO N° 1: Instrumento de recolección de datos

Anexo N° 3: Ficha de muestreo de suelo

Datos generales:

Nombre del sitio en estudio:	Departamento:
Razón social:	Provincia:
Uso principal:	Dirección del Predio:

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo:	Operador: (empresa/persona):
Coordenadas: X: Y: (UTM,WGS84)	Descripción de la superficie: (pe. asfalto, cemento, vegetación)
Temperatura (°C):	Precipitación (si/no, intensidad):
Técnica de muestreo: (p.e. sondeo manual/semi-mecánico/mecánico, zanja, etc.)	Instrumentos usados:
Profundidad final: (en metros bajo la superficie)	Napa freática : (si/no, profundidad en m)
Instalación de un pozo en el agujero: (si/no, descripción):	Relleno del agujero después del muestreo: (si/no, descripción):

Datos de las muestras:

Clave de la muestra:								
Fecha:								
Hora:								
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie)								
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie)								
Características organolépticas:								
Color:								
Olor:								

Textura:								
Compactación/Consistencia:								
Humedad:								
Componentes antropogénicos:								
Estimación de la fracción > 2 mm (%):								
Cantidad de la muestra: (Volumen o peso)								
Medidas de conservación:								
Tipo de muestra: (simple/compuesta)								
Para muestras superficiales compuestas:								
Área de muestreo (m ²):								
Número de sub-muestras:								

Comentarios:

Croquis:

MINISTERIO DE SALUD Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)		N° Estación de Muestreo: _____ Código de Laboratorio: _____	
LABORATORIO FISICO - QUIMICO			
Solicitante/Programa:			
Origen de la Fuente:		Punto de Muestreo:	
Localidad:		Fecha y Hora de Muestreo:	
Distrito:		Fecha y Hora de llegada Lab.:	
Provincia:		Cantidad de Muestra:	
Departamento:		Muestreador:	
Preservada: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Aguas: _____ Sólidos: _____ Otros: _____	
Observaciones/ Parámetros:			

MINISTERIO DE SALUD Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)		N° Estación de Muestreo: _____ Código de Laboratorio: _____	
LABORATORIO FISICO - QUIMICO			
Solicitante/Programa:			
Origen de la Fuente:		Punto de Muestreo:	
Localidad:		Fecha y Hora de Muestreo:	
Distrito:		Fecha y Hora de llegada Lab.:	
Provincia:		Cantidad de Muestra:	
Departamento:		Muestreador:	
Preservada: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Aguas: _____ Sólidos: _____ Otros: _____	
Observaciones/Parámetros:			

MINISTERIO DE SALUD Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)		N° Estación de Muestreo: _____ Código de Laboratorio: _____	
LABORATORIO FISICO - QUIMICO			
Solicitante/Programa:			
Origen de la Fuente:		Punto de Muestreo:	
Localidad:		Fecha y Hora de Muestreo:	
Distrito:		Fecha y Hora de llegada Lab.:	
Provincia:		Cantidad de Muestra:	
Departamento:		Muestreador:	
Preservada: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Aguas: _____ Sólidos: _____ Otros: _____	
Observaciones/Parámetros:			

ANEXO N° 2: Matriz de consistencia

Matriz de consistencia				
Título: Evaluación físico químico de aguas y suelo de la laguna Punrun para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco - Pasco 2018				
Autor: Janina Ivonne Marcelo Alberto				
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	
<p>¿Cuál es calidad físico químico de aguas y suelo de la Laguna Punrun para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco 2018?</p> <p>¿Cuál es la calidad química del suelo para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de</p>	<p>Evaluar la calidad físico químico de aguas y suelo de la Laguna Punrun para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco 2018</p> <p>Determinar la calidad química del suelo para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de</p>	<p>La calidad físico químico de aguas y suelos de la Laguna Punrun no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio.</p> <p>La calidad química del suelo para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio no cumple con los Estándares de</p>	VARIABLE 1 Contaminación en la Laguna Punrun	
			DIMENSIONES	INDICADORES
			Monitoreo de agua	Fichas Multiparámetro Laboratorio Acreditado Materiales de Campo
			Monitoreo de suelo	Fichas Multiparámetro Laboratorio Acreditado Materiales de Campo
			VARIABLE 2 Calidad físico químico de aguas y suelos	
			DIMENSIONES	INDICADORES
Parámetros de contaminación	Fichas Multiparámetro Laboratorio Acreditado Materiales de Campo			

<p>vanadio Tinyahuarco-Pasco? ¿Cuál es la calidad química del agua para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco? ¿Cuál es la calidad física del suelo y agua para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco?</p>	<p>procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco Determinar la calidad química del agua para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco Determinar la calidad física del suelo y agua para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco-Pasco</p>	<p>Calidad Ambiental. La calidad química del agua para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental. La calidad física del suelo y agua para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental.</p>	<p>Análisis de monitoreo por un laboratorio acreditado por INACAL</p>	<p>Fichas Multiparámetro Laboratorio Acreditado Materiales de Campo</p>
--	--	--	---	---

ANEXO N° 3: Imágenes de la investigación realizada

FOTO N° 1 : INSTALACIONES DE RELAVES Y PLANTA

A POCOS METROS DE LA LAGUNA PUNRUN



FOTO N° 2 : GENERACIÓN DE DRENAJE ACIDOS A POCOS METROS DE LA LAGUNA PUNRUN



**FOTOS N° 3 : VISTA DE LOS RELAVES PRESENTES AL CONTORNO DE LA LAGUNA
PUNRUN**

