

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua para riego agrícola,
contaminada por la minería informal distrito de Sayapullo – La Libertad
2019.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor: Bach. Ambar Sullay Amparo VENTOCILLA CAPCHA

Asesor: Mg. Anderson MARCELO MANRIQUE

Cerro de Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua para riego agrícola,
contaminada por la minería informal distrito de Sayapullo – La Libertad**

2019.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN
PRESIDENTE

Mg. Eleuterio Andrés ZAVALETA SANCHEZ
MIEMBRO

Mg. Luis Alberto PACHECO PEÑA
MIEMBRO

DEDICATORIA

La presente Tesis está dedicada a Dios, por el regalo de culminar con éxito mi carrera profesional.

Dedico este trabajo con amor a mis padres Teodoro y Delia, porque siempre estuvieron a mi lado dándome su apoyo incondicional, sus consejos para hacer de mí una mejor persona y ser el motor que impulsa mis sueños. Siempre llevare en mi corazón “no existe la palabra no puedo”, frase que me motivó a esforzarme y así, hoy “logramos la meta”.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, dador de vida y fuerzas para poder continuar con todo este proceso educativo. De igual manera a mi familia pues con su apoyo incondicional pude terminar con éxito este largo camino de aprendizaje. Gracias a mi Alma máter y cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue la evaluación fisicoquímica de la calidad del agua para riego agrícola contaminada por la minería informal en el distrito de Sayapullo donde se obtuvo una conductividad eléctrica alta, similar en los puntos V1 y V2 de 3002 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 3007 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, los cuales nos indican que estas aguas tienen alto contenido de salinidad y por lo tanto fuera de los ECA y de 1025 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en P1, el cual está dentro del límite máximo permisible; el potencial de hidrógeno en los dos primeros puntos de 2.73 y 2.14 en el mismo orden y de 7.14 en el punto P1. Los análisis de muestra para los metales pesados como el cobre, plomo, zinc, cadmio y el mercurio, considerados peligrosos, muestran resultados que rebasa los estándares de calidad en los tres puntos de monitoreo de lo que se puede concluir que el agua tiene alto grado de acidez y concentración de metales pesados que no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental. Estas aguas no cumplen para ser consideradas para riego agrícola.

Palabras clave: Calidad de agua, minería informal, elementos fisicoquímicos.

ABSTRACT

The objective of this research work was the physicochemical evaluation of the quality of water for agricultural irrigation contaminated by informal mining in the Sayapullo district, where a high electrical conductivity was obtained, similar in points V1 and V2 of 3002 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 3007 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectively, which indicate that these waters have a high salinity content and therefore outside the ECA and 1025 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in P1, which is within the maximum permissible limit; the hydrogen potential at the first two points is 2.73 and 2.14 in the same order and 7.14 at point P1. The sample analyzes for heavy metals such as Copper, Lead, Zinc, Cadmium and Mercury, considered dangerous, show results that exceed the quality standards in the three monitoring points from which it can be concluded that the water has a high degree of acidity and concentration of heavy metals that do not meet the Environmental Quality Standards. These waters do not meet to be considered for agricultural irrigation.

Keywords: Water quality, informal mining, physicochemical elements.

INTRODUCCIÓN

La minería en el Perú se practica de tiempos mucho antes que la época incaica, los cuales fueron reportados a través de culturas por ejemplo de Chimú, Mochica, Lambayeque y Sipán, quienes direccionaron sus capacidades a tratar y extraer diversos minerales tales como el cobre, plata y oro (Corcuera, 2015).

La minería informal y artesanal son los sectores con mayor crecimiento en la economía del Perú basado en los 5 últimos años. Fue notado que este crecimiento redujo la falta de empleo y contribuyo en mejorar los ingresos económicos para las zonas más alejadas de enormes ciudades, no en tanto, trajo también problemas relacionados al crecimiento y la contaminación ambiental, como conflictos entre las concesiones mineras, comunidades, y autoridades del sector. Entre los problemas más destacados (Corcuera, 2015).

Podemos considerar que entre los principales impactos ambientales de la minería son:

- Las descargas de los pozos de lixiviación contienen elevadas concentraciones de metales pesados, así como las que provienen de minas y canchas de relave, que se descargan sin tratamiento alguno que discurren en los cursos de agua, el deslizamiento de relaves de las canchas relaveras por agrietamiento de taludes debido a la erosión del tiempo, la presencia de lluvias estacionales y otros.

- Los plásticos de polietileno empleados como reemplazo de geomembrana para pozas de cianuración, en diversos casos por ser más barato, produce filtraciones que ocurren cuando este material tiende a quebrarse.

El empleo de cianuro, soda caustica, cal, zinc, y floculantes para extraer minerales como la Ag y Au, cuyas aguas mezcladas con todos estos reactivos después de ser usadas son desechadas sin darles el tratamiento adecuado de aguas residuales, siendo vertidos a los cuerpos de agua cercanos (Corcuera, 2015).

-Aplicar los insumos de forma incorrecta, como el CN, Hg, el Cianuro sódico, no únicamente deteriora el ambiente donde fue realizado la minería informal, si no también genera riesgo sobre los mineros informales, sus familiares, su salud y vida, y también de los pobladores cercanos que emplean los mismos recursos de aire y agua (Corcuera, 2015).

En el distrito de Sayapullo, provincia de Gran Chimú región La Libertad, se viene practicando la minería informal, consentida por la empresa minera San Manuel, cuyos socavones vierten aguas pesadas y que mezcladas con las aguas residuales generadas por la extracción del oro y la plata, estas son altamente contaminantes y lo más grave es que estas aguas son usadas directamente para riego por los sectores agrícolas de Sogón y Mundo Nuevo del distrito de Sayapullo y otra parte discurren al río Sayapullo cuyas aguas son utilizadas por los sectores agrícolas de Farrat, Rancho Grande, El Milagro, La Florida, entre otros.

El trabajo de investigación se centra en evaluar los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua aplicado para riego agrícola, contaminada por la minería informal en el distrito de Sayapullo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRAC	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.3. Formulación del problema	3
1.3.1. Problema general.....	3
1.3.2. Problema específico.....	3
1.4. Formulación de objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivo específico.....	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Limitaciones de la investigación.....	4
CAPITULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de estudio	5
2.2. Bases teóricas – científicas	8
2.3. Definición de términos básicos.....	15
2.4. Formulación de Hipótesis.....	22
2.4.1. Hipótesis general.....	22
2.4.2. Hipótesis específica	22
2.5. Identificación de variables	22
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	22
CAPITULO III	24
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	24
3.1. Tipo de investigación	24
3.2. Nivel de investigación	24
3.3. Métodos de investigación	24
3.4. Diseño de investigación	25
3.5. Población y muestra	25
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25

3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación ...	26
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	27
3.9.	Tratamiento estadístico	27
3.10.	Orientación ética filosófica	27
CAPÍTULO IV.....		28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		28
4.1.	Descripción del trabajo de campo	28
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	28
4.3.	Prueba de hipótesis.....	41
4.4.	Discusión de resultados	41
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Los efectos ambientales generados por minas en estado de abandono y otras en las cuales ha dejado de ser productivas, resultan ser perjudiciales para las aguas de los ríos en los cuales desembocan sus vertientes y la polución que afecta a los pueblos aledaños si las empresas no hacen un plan de cierre de acuerdo a las normas medioambientales. Entender las causas de los cambios ambientales que genera la minería, involucra a todos los interesados, entre los cuales están las empresas mineras y el estado (Quimtia, 2018).

La situación actual en que esta el río Sayapullo está constituido de tierras de cultivo contaminadas por los desbordes de los relaves acumulados, a los cuales no se les hizo el plan de cierre correspondiente; por otro lado, las aguas arrastran sustancias químicas producto de actividades informales de la minería, que hoy en día se viene realizando en este centro minero. Indicadores a través de manifiestos fueron por ejemplo la aparición de enfermedades neurológicas,

pulmonares y gastrointestinales, donde fue observado también muerte súbita de diversas especies animales, y la reducción o extinción de varias plantas acuáticas (fitoplancton), y terrestres, que actúan como medio de sustento para ambos, los humanos y animales (Pari, 2017).

Sin embargo, en nuestro país las normas emitidas sobre medioambiente son transgredidas por la actividad minera y otras actividades que afectan el medio ambiente, requiriendo de leyes más drásticas para su cumplimiento; es por eso que se sigue contaminando las aguas de los ríos afluentes del Río Chicama. Debido a ello, el problema es mayor para los pueblos aledaños que utilizan estas aguas para los cultivos de panllevar y árboles frutales de los cuales subsisten.

El distrito de Sayapullo, localizado en la provincia de Gran Chimú, La Libertad, guarda las relaveras que causan mayor impacto a esta región, debido a que solo se encuentra a 3 km del pueblo, midiendo 41,701 hectáreas y contamina con metales pesados el río Sayapullo y sus afluentes (AURAZO , 2015).

También se realizan actividades minero metalúrgicas ya por varios años por la minería informal en este sector.

El actual trabajo de investigación determinará los indicadores físico químicos de las aguas contaminadas por la minería informal que parte de esta agua viene siendo empleada para el riego de frutales y otras plantas menores (primer punto) y otra parte que desemboca en el río Sayapullo que afectan a los lugareños en el riego agrícola.

1.2. Delimitación de la investigación

- **Delimitación temporal.** Este trabajo inició en agosto del 2019 y finalizó en diciembre de 2019.
- **Delimitación de unidad de estudio.** Tres puntos de muestreo para colectar agua fueron considerados en el centro minero del distrito de Sayapullo.

- **Delimitación teórica.** El desarrollo de este trabajo se centra en la evaluación fisicoquímica de las aguas contaminadas por la minería informal, usadas en el riego agrícola en el distrito de Sayapullo.
- **Delimitación conceptual.** Los conceptos aplicados en esta investigación son los análisis fisicoquímicos de las aguas vertidas por la minería informal en el distrito de Sayapullo.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del agua para riego agrícola contaminada por la minería informal distrito de Sayapullo - La Libertad 2019?

1.3.2. Problema específico

¿Cuál es la calidad del agua para riego agrícola, contaminada por la minería informal con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA), distrito de Sayapullo – La Libertad 2019?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar los parámetros fisicoquímicos del agua para riego agrícola, contaminada por la minería informal del distrito de Sayapullo - La Libertad 2019.

1.4.2. Objetivo específico

Determinar la calidad del agua para riego agrícola, contaminada por la minería informal en el distrito de Sayapullo con respecto a los ECA.

1.5. Justificación de la investigación

El objetivo del actual trabajo de investigación fue evaluar los parámetros fisicoquímicos que determinan la calidad del agua contaminada por la minería informal en el distrito da Sayapullo, provincia de Gran Chimú, región La Libertad; y de esta manera cuantificar el grado de contaminación generada por

los relaves mineros y aguas residuales que la minería informal genera. Las aguas contaminadas con metales pesados y por las sustancias químicas como cianuro, ácido nítrico y mercurio, producto de las actividades informales en la minería, que en la actualidad se vienen realizando en esta zona, las cuales son utilizadas para el riego agrícola, cuyos resultados es la degradación de los suelos y productos como la palta, uva que son transportados a los principales mercados de las ciudades del norte peruano.

1.6. Limitaciones de la investigación

Por las mismas razones de la extracción informal existe mucho celo y se tuvo que sortear los impases para obtener las muestras correspondientes de los vertederos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

a. Corcuera (2015), en su tesis **“Impacto de la contaminación de la minería informal en el cerro el Toro – Huamachuco”**. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo.

En su tesis se propone a evaluar el nivel de impacto como consecuencia de la contaminación generada por la minería informal. Esto evaluado en el Cerro el Toro, que se encuentra en el Centro Poblado Menor (CPM) de Shiracmaca, Distrito Huamachuco; Provincia de Sánchez Carrión, Región La Libertad. El estudio lo hace mediante los informes técnicos de los Ministerios de: Energía y Minas, de Salud y Ministerio Público, así como de las autoridades de los pueblos colindantes, distritales y provinciales; visitas in situ a los puntos de extracción y a las zonas que tienen influencia donde es llevado a cabo la actividad extractiva.

Los resultados encontrados en este estudio y el Impacto que causó la minería informal en este lugar reportan un impacto altamente crítico respecto a todo el ecosistema del lugar.

b. Tapia (2017) en su tesis “Impacto ambiental al recurso hídrico de la cuenca media del río Rímac a consecuencia de la minería, en el distrito Ricardo Palma, Chosica 2017”. Universidad César Vallejo. Lima

Este estudio tubo la finalidad de determinar la calidad del agua de la Cuenca Media del Rio Rímac Distrito Ricardo Palma, Chosica, 2017. Utilizó el método transversal, descriptivo, no experimental, porque se realizó un análisis de las muestras de agua para determinar el impacto generado por la minería en la cuenca media del distrito de Ricardo Palma; Chosica. Aquí se propuso determinar la calidad de las aguas como bebida para animales y riego. De modo que, para obtener los resultados, aplicó la teoría cinética de indicadores de calidad Ambiental (ICAS), determinándose un valor de 53,6, indicando que estas aguas obtenidas de la cuenca media del rio Rímac, están dentro los ECAs, categoría III, sub categoría D1 y D2 del D.S. 004 – 2017 MINAM.

c. Gutiérrez (2015) en su tesis “Impactos mineros, agropecuarios y de la conservación en la calidad del agua y los sedimentos, Cuenca Tambopata, Madre de Dios”. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Su propósito fue establecer la calidad del agua en los sedimentos respecto a los impactos ambientales que trajo la minería, la agricultura y de conservación en la Cuenca Tambopata, Madre de Dios. Para ello opto por el método en base a información reportada a través de estudios y mapas presentados por Mosquera et. al (2009), ANA (2010b), MINAM (2010) y AIDER (2011); aplicando información primaria. La zona fue explorada previamente para aplicar el muestreo correcto. Como resultado se obtuvo la subcuenca del río Malinosky, quien fue denominado como la zona minera, mientras la zona agropecuaria fue el área aluvial aledaña al río Tambopata (50 km de cauce

aguas - Puerto Maldonado al Puesto de Control y Vigilancia (PCV), perteneciente a la Reserva Nacional Tambopata (RNT). Además, fue definida una zona de conservación, encontrada agua arriba del PCV Malinosky, debido a que este punto delimita el área que amortigua la zona de protección perteneciente al RNT (Gutiérrez, 2015). Así, el área a estudiar fue dividida en 3 zonas (conservación, agropecuaria, y minera), de las cuales fueron captadas muestras de sedimentos y agua en las orillas del río. Asimismo, el oxígeno disuelto, pH, conductividad, temperatura, y turbiedad del agua fueron medidos in situ, que se trasladaron posteriormente al laboratorio. Los resultados muestran que la zona de conservación mostró en agua y sedimentos mejor calidad, siendo la turbidez (188,5 NTU) el único parámetro que está fuera del ECA. En contraste, la minería mostró 3 parámetros: pH = 6.16, As (9,89 mg/kg) y turbidez = 523.2 NTU, que sobrepasaron los estándares establecidos.

d. Llavilla (2018) en su tesis “Evaluación de metales pesados en el agua de los ríos de Pataqueña y Chacapalca del distrito de Ocuvi, Lampa – Puno”. Universidad Privada San Carlos.

Este trabajo tuvo como meta determinar los parámetros fisicoquímicos y cuantificar la concentración de varios metales pesados, analizando agua procedente de los ríos de Pataqueña y Chacapalca del distrito de Ocuvi – Lampa. El muestreo fue realizado el 2018 (julio a noviembre), y los resultados fueron comparados a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), específicamente a agua para consumo de animales y riego agrícola. Fueron fijados 2 puntos de muestreo: AB – 1 (aguas abajo) y AR – 1 (aguas arriba) durante el periodo de estiaje. Los resultados mostraron valores que superaron los ECA. Por ejemplo, el As (0.115 mg/l), del Río Pataqueña fue asignada como no apta para regar vegetales de categoría 3. El Al (14.368 mg/l), Fe (18.288 mg/l), Mn (0.558 mg/l), y Cd (0.015 mg/l) fueron determinados en el Río

Chacapalca, revelando que el Cd con altas concentraciones, lo que sugiere que esta agua no es apta para regar vegetales, categoría 3, mientras los otros elementos también valores que superaron los ECAs, categoría 3, en ambos, bebida de animales y riego de vegetales. Se concluyó que el agua del río Chacapalca, no puede ser empleada para regar vegetales o bebida de animales.

e. Loaiza (2016). en su tesis **“Evaluación del riesgo ambiental por metales pesados, generados por la actividad minera artesanal en los ríos Quiroz y Chira – Piura por el método de especiación secuencial”**. Universidad Nacional de San Marcos.

Su investigación tuvo el propósito de profundizar el conocimiento sobre los sedimentos fluviales, quienes poseen minerales insolubles, solubles, u otros, que se resisten a la erosión sin disolverse e introducirse dentro del ciclo hidrológico en los ríos Quiroz y Chira. El trabajo fue delimitado como exploratorio, transversal y no experimental. A través de ello se analizaría y contextualizaría la interrelación e incidencia de los diversos contaminantes emanados por la minería artesanal que se disponen en los sedimentos del río Chira y Quiroz, donde es llevada a cabo una explotación minera. Los resultados encontrados sugieren que la minería de forma artesanal se lleva a cabo prolíferamente, detectándose riesgo ambiental por estos metales provocada por esta actividad, pero si estas se encuentran dispersas no traen riesgo ambiental. Además, los metales fueron más propensos en la fase litogénica, donde es más estable, siendo difícil su precipitación y pueda formar parte de la columna del agua.

2.2. Bases teóricas – científicas

A. Bases Teóricas

Calidad de las aguas con fines de riego agrícola. García (2015) cita a Fuentes (2003) quien sustenta que la calidad del agua para riego

agrícola es dependiente del porcentaje y clases de sales. De acuerdo a este referente la calidad del agua está sujeto a las siguientes características como:

- a. La Salinidad** que a medida que sube la salinidad en el suelo es aumentado la tensión osmótica, causando que la planta tenga dificultades de absorción del agua, es decir tiene menor disponibilidad de agua.
- b. La infiltración del agua en el suelo** los contenidos maso menos altos de Na y bajos de Ca generan que las partículas de suelo se disocien, disminuyendo la rapidez de flujo del agua, complicando su disposición en el agua y suelo.
- c. La Toxicidad** es otro factor de calidad de agua donde algunos iones, tales como Cl, B, y Na, los cuales se pueden infiltrar en los cultivos de manera considerable perjudicando a obtener buenas cosechas y ocasionando también obstrucción del sistema de riego. En algunos casos también indica el autor que se debe de tener en cuenta los nutrientes que pueden causar ciertos riesgos no deseados.

B. Bases legales

a. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338

Decreto Supremo N° 001-2010-AG Lima, enero de 2010

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1º.- Objeto y ámbito de aplicación

1.1 El Reglamento busca regular la gestión y uso de los recursos hídricos, los cuales están constituidos por el agua continental: superficial y subterránea, y todos aquellos bienes asociados a esta. Así, Estado y los particulares actúan en base a los arreglos a las disposiciones encontradas a la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338.

Artículo 2º.- Dominio de las aguas

2.3 El uso del agua es ejercida y otorgada de manera armoniosa a la protección ambiental y el interés de la Nación.

Artículo 6º.- Gestión integrada de recursos hídricos

Es un proceso que promueve, en conjunto al manejo y desarrollo de la cuenca hidrográfica, y aprovechar multisectorialmente el agua con los recursos naturales vinculados a esta, visando alcanzar el desarrollo sostenible del país, dejando de comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas.

TÍTULO II

SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

CAPÍTULO II

ROLES DE LOS INTEGRANTES DEL SISTEMA

Artículo 11º. - La Autoridad Nacional del Agua

La Autoridad Nacional del Agua (ANA), principal ente rector del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, es quien desarrolla, supervisa, ejecuta el funcionamiento de la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos. Además, dictamina normas y plantea procedimientos para lograr la gestión multisectorial e integrada de los recursos hídricos a través de cuencas hidrográficas y acuíferos. También es responsable para coordinar los recursos hídricos en materia de unir a los participantes y los que asumieron compromisos siguiendo el marco de la Ley y el Reglamento.

Artículo 12º. - El Ministerio del Ambiente

Entidad encargada en dirigir, desarrollar, ejecutar y supervisar la Política Nacional del Ambiente, también es el ente rector del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, área donde es desarrollado la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos, y el Plan Nacional de Recursos Hídricos

Artículo 13º. - Rol multisectorial del Ministerio de Agricultura

El Ministerio de Agricultura, sector adscrito a la Autoridad Nacional del Agua, es la entidad que tiene el poder de dictaminar decretos supremos, como propuesta a normar la gestión multisectorial e integrada y multisectorial de recursos hídricos, basada a las disposiciones de la Ley.

Artículo 16º. - Las organizaciones de usuarios de agua

Son asociaciones civiles sin fines de lucro creadas para participar activamente en la gestión sostenible de los recursos hídricos, armonizándolo con la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos y las disposiciones de la Autoridad Nacional del Agua. Poseen representatividad dentro del Consejo Directivo de la Autoridad Nacional del Agua y en los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca.

CAPÍTULO III

LA AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Artículo 21º.- La Autoridad Nacional del Agua

21.3 Elabora y propone, para su aprobación por Decreto Supremo, la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos, el Plan Nacional de Recursos Hídricos, administra las fuentes naturales de agua y sus bienes asociados en cantidad, calidad y oportunidad; asimismo, aprueba los planes de gestión de recursos hídricos en la cuenca, los que deben contar con la conformidad de los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca.

21.4 Es la responsable de articular las acciones derivadas de las funciones y atribuciones relacionadas con la gestión sectorial y multisectorial de los recursos hídricos de las entidades que integran el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, promoviendo las sinergias en el desarrollo de dichas

acciones. La estructura orgánica y funciones específicas de la Autoridad Nacional del Agua se establecen en su Reglamento de Organización y Funciones.

CAPITULO IX

ALCANCES Y ARTICULACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Artículo 50º.- Evaluación del cumplimiento de políticas y normas sobre recursos hídricos

50.1 La Autoridad Nacional del Agua evalúa permanentemente el cumplimiento de las políticas y normas sectoriales que regulan actividades relacionadas con los recursos hídricos y su aplicación por parte de las entidades públicas a fin de verificar su conformidad con la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos, elaborada en el marco de la Política Nacional del Ambiente. Si encontrara discrepancias entre ambas, reportará dicha situación a las autoridades involucradas y a la Contraloría General de la República, para que cada una de ellas ejerza las funciones y atribuciones que le asigna la ley.

50.2 Asimismo, en el ejercicio de sus funciones, toda entidad pública y privada debe responder a los requerimientos que formule la Autoridad Nacional del Agua, en el marco de la legislación vigente, bajo responsabilidad.

50.3 La Autoridad Nacional de Agua establecerá los mecanismos para la evaluación del cumplimiento de políticas y normas sobre recursos hídricos.

b. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

Decreto Supremo N°004 – 2017 – MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que

aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébese los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

En este caso sobre la categoría 3

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

- **Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Relacionado a las aguas empleadas para regar los cultivos vegetales, quienes son dependientes de factores como el tipo de riego aplicado a los cultivos, los procesos de transformación o industriales, o la forma de consumo a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- **Agua para riego no restringido**

Aguas con calidad suficiente para que sea empleada como riego para los cultivos alimenticios, sobre todo aquellos que se consumen crudos (Ej.: plantas frutales de tallo bajo, hortalizas, o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema

de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, siendo estos inclusive de tallo alto; áreas verdes, y plantas ornamentales; parques públicos, campos deportivos, y cualquier otro tipo de cultivo.

- **Agua para riego restringido**

Se entiende como aquella agua que tenga la calidad de ser usada como riego para diversos cultivos que podrían ser cocidos (Ej.: habas); en cultivos que poseen tallo alto, donde el agua empleada para riego no ingresa al fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos que serán procesados, industrializados y/o envasados (Ej.: quinua, avena, trigo, y arroz); cultivos pastos, forrajes, forestales, o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa), y cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón).

2.3. Definición de términos básicos

A. Glosario de términos

a. Sodio

Elemento químico que fue corroborado como no esencial para las plantas. Su toxicidad en plantas se manifiesta a través de manchas necróticas color pardo que aparecen en las hojas.

Su efecto perjudicial se manifiesta de manera indirecta sobre los cultivos en su mayoría porque influyen negativamente sobre la estructura del suelo.

b. Cloro

Elemento más representativo en aguas usadas para riego. Es un anión cloruro (Cl⁻), el cual es primordial para que se desarrolle la planta, pero si está presente en altas concentraciones puede ser tóxico, concentrándose principalmente en las hojas.

Su exceso en concentración provoca necrosis que se muestra en la punta de las hojas, ocasionando caída de frutos, flores, y hojas o reducen el crecimiento de las plantas.

c. Boro

Elemento vital para que las plantas se desarrollen. No en tanto, existe una estrecha diferencia entre las concentraciones que requiere la planta (0,30,5 ppm) y aquel que se torna tóxico 0,6-1,0 ppm, mayoría plantas cultivadas). Su toxicidad es mostrada a través de la aparición de manchas amarillentas que pueden ser vistos en las hojas, o a través de pequeñas quemaduras iniciándose en las puntas hasta la base.

d. Salinidad

Las sales que están en los suelos o agua, reducen las aguas disponibles para cultivos. Su presencia provoca marchitamientos, y afecta también los rendimientos.

A concentración de 0,7 dS/m de CE genera riesgo para los cultivos, con mayor énfasis a los más sensibles.

El Total de Sólidos Disueltos (TSD) es un parámetro empleado para estimar el contenido de sales disueltas en el agua, cuando no se tenga a la mano un conductímetro. Las sales en aguas de riego usualmente presentan una concentración menor de 200 mg/l, siendo este valor más alto en aguas subterráneas.

e. Conductividad eléctrica

Es una forma de medir indirectamente el contenido de sales presente en una solución. Se parte del principio de que el agua pura no conduce bien la electricidad, las sales actúan de manera contraria, así, la CE tiende a ser proporcional al contenido total de sales que están disueltas en agua.

Este parámetro era usualmente expresado como mmho/cm (milimho por centímetro); pero por acuerdo general se estableció como Siemens (S), declarado en el S.I de unidades. Existe una equivalencia:

$$\mathbf{1\ ds/m = 1\ mS/cm = 1\ mmho/cm = 1000\ \mu S/cm = 1000\ \mu mho/cm}$$

Al analizar las aguas estos ofrecen la concentración o contenido de cada ión. No en tanto, para interpretar correctamente el análisis de las muestras de agua, los laboratorios deberían entregar los resultados en ambas unidades para facilitar la comprensión.

La concentración de iones frecuentemente se da en diversas unidades, y estos pueden estar expresos por ejemplo en: partes por millón (ppm), miligramos por litro (mg/L) y gramos por litro (g/L).

$$\mathbf{1\ ppm = 1\ mg/L = 0.001\ g/L}$$

$$\mathbf{1\ mg/L = 0.00156\ dS/m}$$

$$\mathbf{1\ g/L = 1.56\ dS/m}$$

Si son expresados en miliequivalentes por litro (meq/L) es solo recordar que este debe dividir los mg/L entre el peso equivalente del ion respectivo:

$$\mathbf{meq/L = mg/L (ppm)/Peq}$$

f. pH

Si el suelo contiene altas concentraciones de los iones hidrógeno [H], estos tienden a ser ácidos y si es lo contrario este es considerado como básico.

En los suelos, el pH usualmente varía de 4 a 9. Suelos óptimos para llevar a cabo una buena agricultura comprende valores de pH entre 6,0 - 7,5, esto porque en estos valores los minerales y nutrientes poseen máxima solubilidad. Si el pH se aleja de este valor, los nutrientes pueden tener problemas de asimilación.

En agua que presente un pH menor a 7 es considerado como ácida, mientras que este pH sea 7 es denominada como neutra, y si tiene valores superiores a 7 son básicas. El pH a medir es dependiente de la relación agua/suelo, debido a que si hay un incremento de uno de estos el otro también aumenta.

g. Cianuro de Sodio

El cianuro de sodio o sódico (NaCN) es una sal del ácido cianhídrico (HCN). Es incoloro y sólido que es hidrolizado de manera fácil en contacto de óxido de carbono IV y agua, formándose así ácido cianhídrico y carbonato de sodio.



El NaCN es empleado para extraer Ag y Au de la roca madre. También es aplicado en Galvanoplastia para acomplejar iones metálicos como el Ni, Zn, y Au. Además, se emplea para producir pigmentos cianotipos, ejemplo el azul de Prusia.

Puede prepararse como potente veneno de manera fácil y es conocido desde la antigüedad, por ser empleado en varios envenenamientos famosos.

Por ejemplo, Cleopatra e Hipatia de Alejandría emplearon muchas veces este compuesto.

h. Aguas residuales

Aguas que presentan modificación de sus originales características como consecuencia de actividades antrópicas. Debido a su estado este necesita de previo tratamiento, antes de ser empleado, vertido o descargado dentro de cuerpos de agua o alcantarillado.

i. Mercurio (Hg)

Metal líquido característico a temperatura ambiente. Puede encontrarse en su estado elemental, pero también como derivador inorgánico y orgánico. Es poco soluble, y tóxico si llega a ingerirse. A cualquier temperatura, emiten vapores tóxicos, que si inhalados podrían generar intoxicaciones crónicas y agudas (Sarmiento et. al. 1999; Bayona, 2009).

Su toxicidad depende de la fase química en que se encuentre. Entre todos, el metilmercurio es quien presenta mayor toxicidad, siendo también incorporado sobre la cadena alimenticia muy fácil. Otra manera es como bioacumulado en seres vivos.

Este ataca principalmente al sistema nervioso, produciendo graves daños al cerebro (estado fetal), pero también puede atacar el sistema cardiovascular o producir cáncer.

j. Arsénico (As)

Elemento dispersado ampliamente sobre la hidrosfera, atmósfera, y biosfera. Se presenta usualmente en 4 estados de oxidación As (0), As (-III), As (III), y As(V), los cuales sirven de base para formar otras especies que pueden ser orgánicos u inorgánicos. Por ejemplo, el As (III) es encontrado por la reducción biológica del As (V), el cual se centra en áreas industriales, aguas geotermales, ambientes reductores y efluentes ricos en As (III) (Smedley & Kinniburgh, 2002). Por lo general, As (V) se muestra en mayores cantidades al As (III) sobre aguas superficiales y mayor toxicidad. Ambos pueden

también ser encontrados sobre aguas subterráneas. Su contenido depende del ingreso al sistema por medio de actividad biológica o redox. En los océanos, el As (V) es el dominante, quien es transformado a especies orgánicas o reducido de manera biológica a As (III). Este elemento circula por todos los ecosistemas naturales por largos periodos de tiempo, siendo incorporados a las aguas, suelo, u otros lugares (Smedley & Kinniburgh 2002). Sus efectos toxicológicos hasta ahora no están claros, especulándose un proceso para llegar a los humanos (D'Ambrosio, 2005). El hidroarsenicismo crónico o arsenicosis se da cuando hay presencia de As inorgánico a altas concentraciones, mostrando diferentes complicaciones sobre la salud humana, como, por ejemplo: problemas gastrointestinales y respiratorios, toxicidad, e inclusive efectos cancerígenos (pulmón, vejiga y piel) (Marruecos et.al, 1993).

k. Cadmio (Cd)

Elemento que hace parte de los suelos y rocas. Es estimado que alrededor de 25000 toneladas son liberadas al medio ambiente.

Otra forma de liberación es a través de actividades antrópica, haciendo que su concentración se eleve de manera considerable, debido a que este se emplea para fabricar diversos productos, y es aplicado en la agricultura. Alrededor del 5% es reciclado, pero debido a su alta movilidad este provoca contaminación ambiental (Marruecos et.al, 1993). Los seres humanos estamos expuestos a este elemento por varias vías: a) oral, cuando se consume o ingiere agua y alimentos que contengan al As en su composición (Nava-Ruíz & Méndez-Armenta 2011). En ciertos países de Norte América y Europa el Cd fue estimado con una ingesta diaria 10 a 40 $\mu\text{g}/\text{día}$. b) inhalar partículas cuando se desarrollen actividades industriales, donde las personas están expuestas, y su concentración está en valores mayores a 50 $\mu\text{g}/\text{L}$. c) El cigarrillo, siendo

que su concentración de Cd está relacionado al suelo donde fue producido el tabaco. Varios estudios reportaron que el Cd presente en no fumadores varían de 0.4 a 1 µg/L, y de 1.4 a 4 µg/L para quienes fuman (Navarro Aviñó et. al, 2007; Bayona, 2009; Nava-Ruíz & Méndez Armenta 2011). d) por vía dérmica, aunque lo absorbido son bajísimas. El Cd ingresado por vía oral o respiratoria, este alcanza la sangre y luego el riñón e hígado, lugar donde se acumulan, y producen daños colaterales e irreversibles sobre estos. A veces estos pueden estar presentes en estos órganos por 30 años. También es un elemento con capacidad de acumularse en las plantas. Este elemento también puede causar desequilibrios a procesos de transporte y nutrición de plantas (Singh & Tewari, 2003). Lo favorable es que el Cd es acumulado en plantas hace que este elemento pueda ser tratado con diferentes plantas por medio de la fitorremediación.

L. Plomo (Pb)

Elemento pesado y empleado por muchos años basado a la resistencia de corrosión, maleabilidad, facilidad y ductilidad, para obtener aleaciones. El Pb puede ser absorbido por ingestión, inhalación o por medio de la piel (Nava Ruíz & Méndez-Armenta 2011; Bayona, 2009;). Las vías por la que se expone son: a) inhalar partículas de Pb producidas por la combustión de algunos materiales, b) ingestión agua, alimento o polvo que contengan este metal (Zurera et. al, 1987). Tiene la característica de alcanzar diversos órganos, dientes, huesos, y tejidos donde es acumulado en el tiempo (Sanín et. al, 1998).

Su intoxicación es dependiente a la edad o al nivel de exposición (Bayona, 2009).

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La calidad del agua, contaminada por la minería informal no es apta para el riego agrícola en el distrito de Sayapullo.

2.4.2. Hipótesis específica

Los parámetros fisicoquímicos del agua contaminada por la minería informal, no cumplen con los estándares de calidad Ambiental (ECA).

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Parámetros fisicoquímicos

2.5.2. Variable dependiente

Calidad del agua para riego agrícola

2.5.3. Variable interviniente

Minería informal

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índice
	Entre los parámetros físicos importantes que se consideran para determinar la calidad del agua para uso agrícola son la conductividad, el potencial de hidrógeno y la temperatura. Estos parámetros determinan la salinidad, la cantidad de	Análisis físicos	Conductividad Temperatura	μS/cm °C

Parámetros fisicoquímicos	hidrogeno y la temperatura.			
	Entre los parámetros inorgánicos importantes considerados para determinar la calidad del agua para uso agrícola están el OD, los TDS y los metales pesados. Los cuales conjuntamente con los parámetros físicos determinan la calidad del agua para riego agrícola.	Análisis químicos	OD	<i>ppm</i>
			TDS	<i>ppm</i>
			Aluminio	<i>ppm</i>
			Arsénico	<i>ppm</i>
			Bario	<i>ppm</i>
			Boro	<i>ppm</i>
			Calcio	<i>ppm</i>
			Cobre	<i>ppm</i>
			Cinc	<i>ppm</i>
			Hierro	<i>ppm</i>
			Mercurio	<i>ppm</i>
Plomo	<i>ppm</i>			
Calidad del agua para riego agrícola	De acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental para Agua; es aquella agua que muestre óptimas condiciones para su empleo, sin mostrar riesgo ninguno sobre en el medio ambiente, la salud pública y calidad fisicoquímica del agua.	Parámetros condicionantes para la calidad del agua	Conductividad pH Temperatura	$\mu\text{S}/\text{cm}$ Ph $^{\circ}\text{C}$

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo cuantitativa, deductiva, correlacional.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación del presente trabajo es correlacional ya que buscamos determinar la relación existente entre los parámetros fisicoquímicos y la calidad del agua para riego agrícola en el distrito de Sayapullo.

3.3. Métodos de investigación

Transversal, no experimental, y descriptivo, debido a que se realizará el análisis de las muestras, donde los resultados determinarán los parámetros fisicoquímicos del agua para riego agrícola, contaminada por la minería informal del distrito de Sayapullo, provincia de Gran Chimú, La Libertad.

3.4. Diseño de investigación

La investigación es no experimental, descriptiva, donde los resultados serán comparados con los estándares de calidad ambiental.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Vertientes de cerro Cholita Linda.

3.5.2. Muestra

Agua tomada para el análisis.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se identificará en primer lugar los puntos de muestreo a través de un GPS; o de lo contrario se especificará el lugar de la manera más concreta posible.

Cuando se empezó a recolectar información fue considerado los siguientes ítems:

- La muestra fue identificada a través de rótulos (código, nombre, etc.)
- Los sitios de muestreo fueron identificados (longitud, latitud, por georreferenciación)
- La fuente y sus características anotadas: perforación y su diámetro, río, pozo calzado y abandonados, perforación, canal, río, represa, aljibe, profundidad del nivel estático, pozos negros o industrias aledañas, etc.)
- Destino (irrigación, pastoreo, consumo humano, animal, etc.).
- Fecha de muestreo (fecha y hora).
- Colocar el nombre responsable del muestreo.
- Análisis a realizar (microbiológico o físico-químico).

- Compuestos empleados para preservar las muestras.

Y otras observaciones consideradas como relevantes.

Siendo posible:

- pH
- Temperatura del agua medido en la toma de muestra
- Conductividad Eléctrica
- Oxígeno disuelto.

Toda la información encontrada fue ingresada a una planilla construida para tal caso, que fue llenada durante el muestreo (ver Planilla de Registro que se adjunta del lugar).

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Selección. Se utilizó un multiparámetro con finalidad de analizar in situ los parámetros como pH, conductividad, OD, STD cuyos resultados se anotaron en un cuaderno de campo, donde se anotaron los elementos analizados y sus respectivos resultados en los respectivos puntos de monitoreo. Los análisis obtenidos en el laboratorio se emitieron en formatos membretados por la entidad respectiva.

Validez. La validación de los análisis, fue por juicio de expertos conformado por doctores con conocimiento en análisis de agua.

Confiabilidad. Los resultados de las muestras se obtuvieron en un laboratorio certificado, el cual hace análisis de agua, suelos, alimentos, minerales, cal, aceite.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se determinó algunos parámetros en los puntos de monitoreo empleando el multiparámetro HANNA HI98194, donde se determinará el pH, OD, STD, conductividad, temperatura, cuyos datos se almacenaron en un cuadro con sus respectivas unidades, posteriormente se tomarán las muestras de 500 ml almacenados en frascos de vidrio, rotulados, los cuales fueron almacenados en un cooler con hielo y trasladados al laboratorio para determinar los parámetros fisicoquímicos cuyos resultados se anotaron en formatos membretados con sus respectivos valores y unidades y su interpretación respectiva.

3.9. Tratamiento estadístico

La información de las medidas obtenidas in situ y del análisis que se hicieron en el laboratorio de las muestras recolectadas, se procesaron en el programa Excel, para lo cual fue empleado una base de datos, conteniendo diferentes parámetros y luego haciendo una representación comparativa con los estándares de calidad a través de cuadros de barras para cada parámetro analizado y su respectiva interpretación.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

En toda investigación se busca posicionarse objetivamente, con ética y carácter científico, para ser investigador. En este sentido, como ejecutor y responsable del trabajo, afirmo lo siguiente:

Como investigador asumí este proyecto de investigación con seriedad, rigurosidad, y profesionalismo que exige su realización de la misma.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

Tabla 1

Ubicación geográfica de la zona de estudio

Punto de monitoreo	Coordenadas (UTM)		Altitud (m. s. n. m)
	ESTE	NORTE	
P-1	774675	9163130	2327
V-1	779340	9159918	2335
V-2	778199	9160082	2325

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

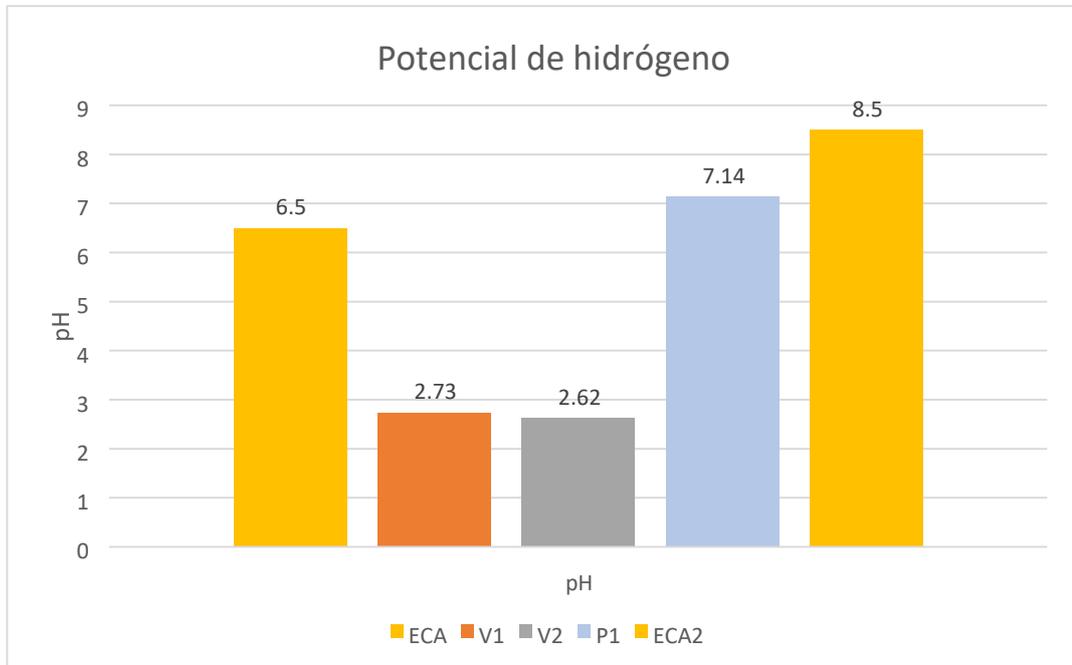
4.2.1. Datos obtenidos in situ

Tabla 2

Potencial de hidrógeno

Elementos	Unidades	Punto V1	Punto V2	Punto P1	ECA
pH	pH	2,73	2,62	7,14	6,5-8,5

Cuadro N° 1



Elaboración propia

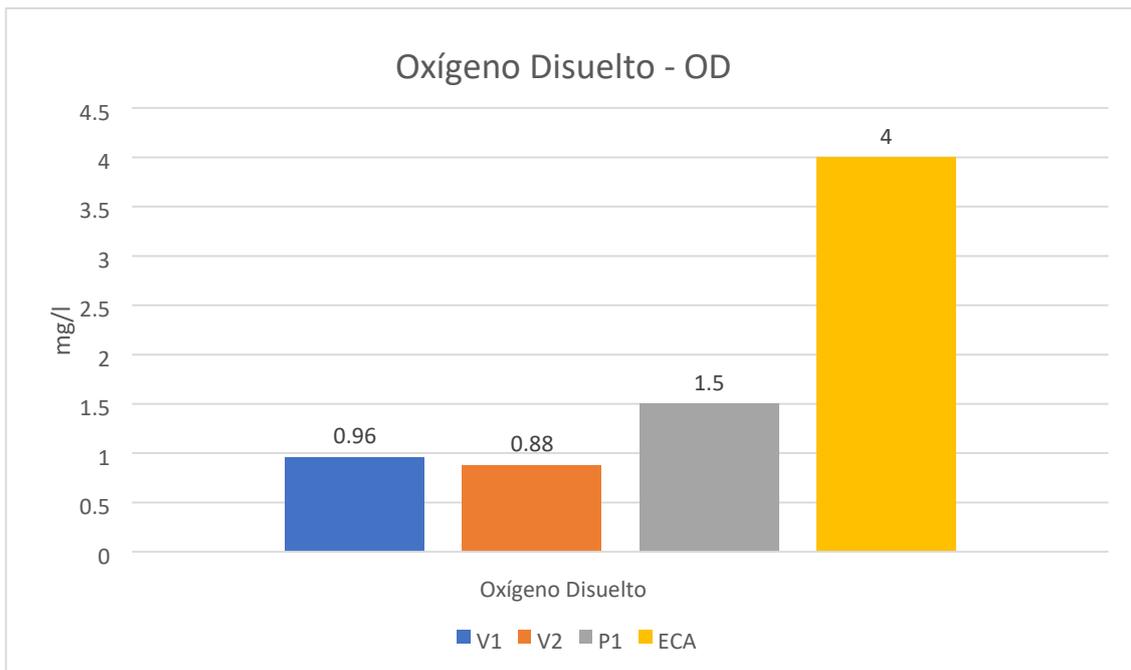
Como podemos observar en el cuadro N° 1 para el potencial de hidrógeno pH; en el punto V1 el valor del pH es de 2.73, en el punto V2 de 2.62 que representa un valor de acidez grande y en el punto P1 el valor es de 7.14. De lo cual podemos interpretar que en los puntos V1 y V2 se tomaron muestras de agua que discurren en forma directa de la mina, las cuales arrastran aguas utilizadas en posas de lixiviación de oro y plata y muestran un grado de acidez muy alto. Sin embargo, el punto P1 muestra un pH normal de 7.14, resultado obtenido en el río Sayapullo, el cual recibe aguas contaminadas por la minería informal. Por lo que podemos decir que las aguas de las vertientes que pasan por los puntos V1 y V2 no son aptas para riego agrícola y las aguas del río Sayapullo, donde se ubica el punto P1 si es apta para riego agrícola según los estándares de calidad ambiental para el agua categoría 3 para este parámetro.

Tabla 3

Oxígeno disuelto

Elementos	Unidades	Punto V1	Punto V2	Punto P1	ECA
OD	mg/L	0.96	0.88	1.5	>4

Cuadro N° 2



Elaboración propia

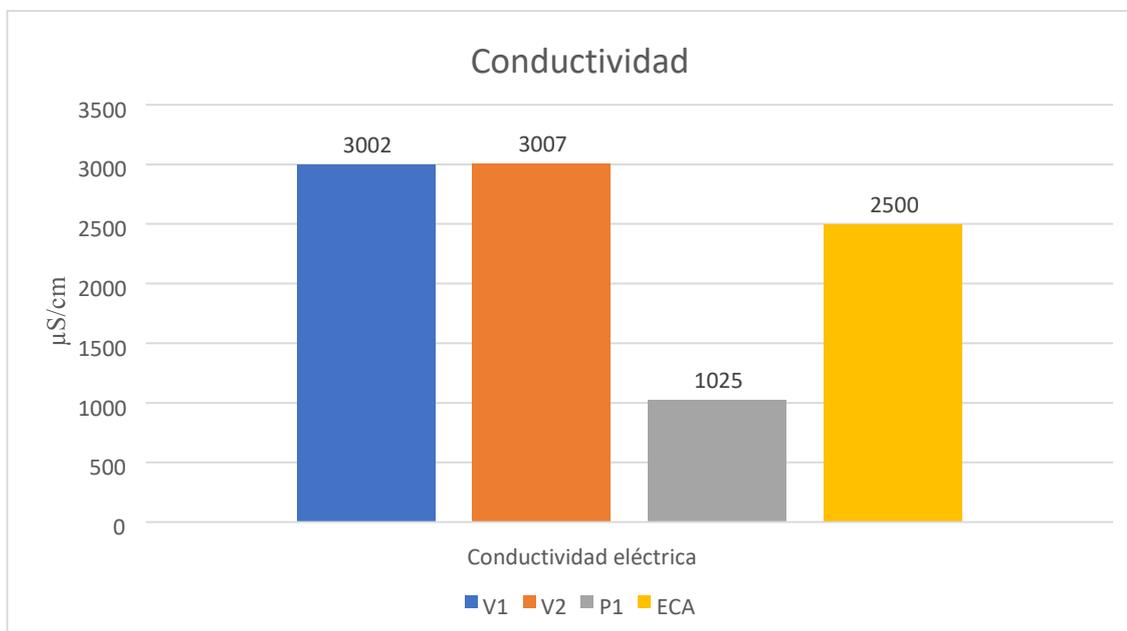
Del cuadro N° 2 se tiene en el punto V1 un valor de 0.96 mg/l de oxígeno disuelto, en el punto V2 un valor de 0.88 mg/l y en el punto P1 se tiene un valor de 1.5 mg/l de los cuales se determina que el agua que discurre por los puntos V1 y V2 contienen una mínima cantidad de OD, los cuales no son aptas para la existencia de vida; del mismo modo para el punto P1. Por lo tanto, estas aguas no son aptas para el riego agrícola. Están por debajo de los estándares de calidad (ECA >4).

Tabla 4

Conductividad eléctrica

Elementos	Unidades	Punto V1	Punto V2	Punto P1	ECA
Conductividad	$\mu\text{S}/\text{cm}$	3002	3007	1025	2500

Cuadro N° 3



Elaboración propia

En el cuadro N° 3 para la conductividad eléctrica en el punto V1 registra un valor de 3002 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en el punto V2 registra un valor de 3007 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el punto P1, 1025 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de estos resultados interpretamos que en los puntos V1 y V2 presentan una conductividad eléctrica casi similar con un valor alto que sobrepasa lo establecido por los estándares de calidad ambiental para el agua categoría 3, lo cual lo hace no apta esta agua para uso agrícola. Sin embargo, el análisis de la muestra de agua del punto P1 para la conductividad es aceptable dentro de los ECAs para uso agrícola.

4.2.2. Análisis de muestras obtenidas en el laboratorio

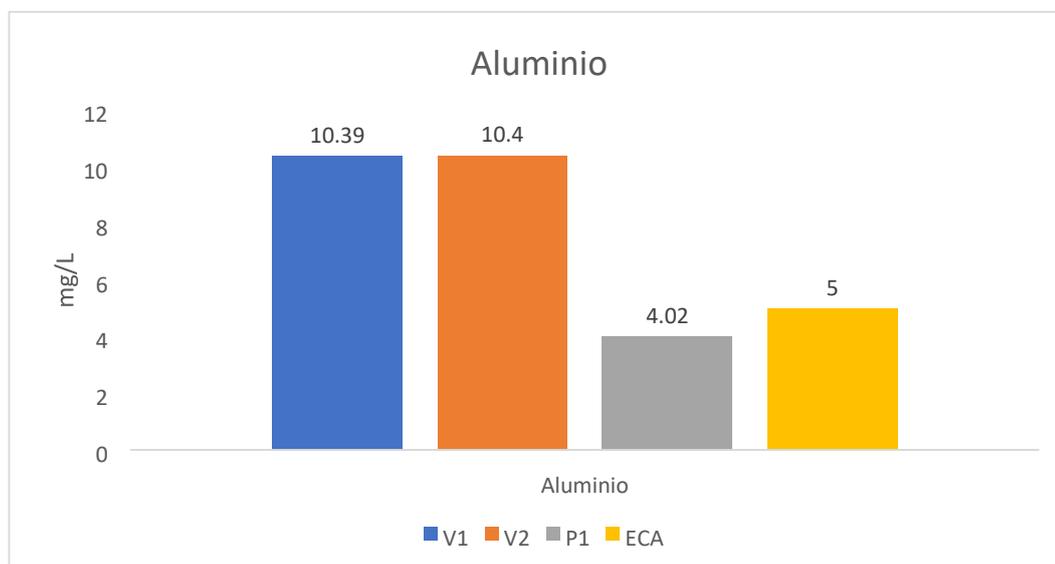
Tabla 5

Aluminio

Elementos	Unidades	Punto V1	Punto V2	Punto P1	ECA
-----------	----------	----------	----------	----------	-----

Aluminio	mg/L	10.39	10.40	4.02	5
----------	------	-------	-------	------	---

Cuadro N° 4



Elaboración propia

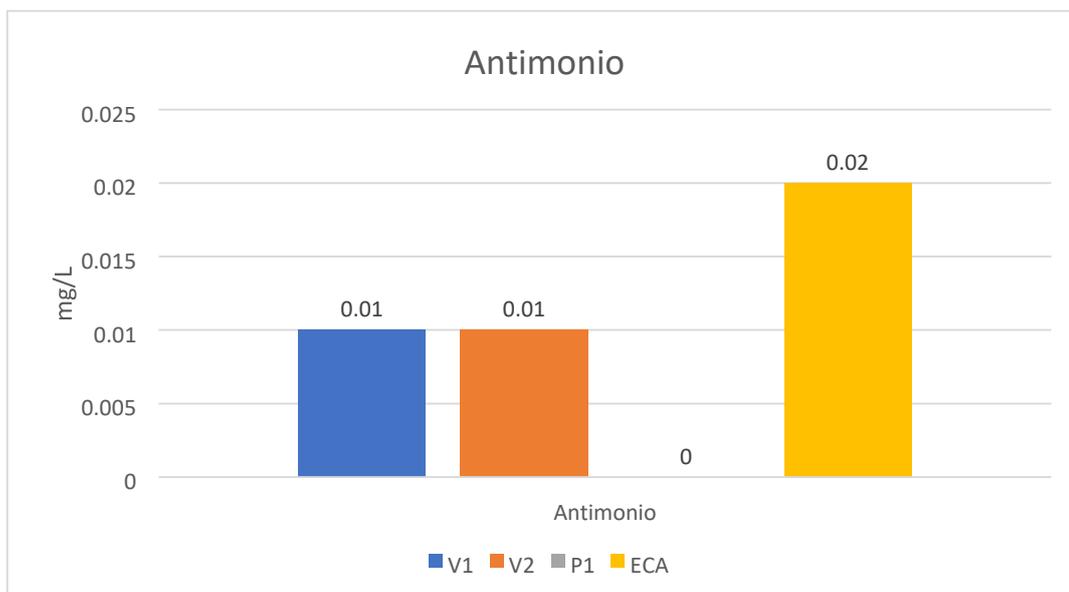
Podemos observar en este cuadro N° 4 que los análisis para el aluminio arrojan un valor en el punto V1 de 10.39 mg/L, para el punto V2 de 10.4 mg/L y para el punto P1 de 4.02 mg/L. Se puede interpretar que en los puntos V1 y V2, la cantidad de aluminio en mg/L son casi similares y muy altos respecto al límite establecido por los ECAs y el punto P1 tiene un valor menor. Por lo tanto, el agua que discurre por los puntos V1 y V2 no es apta para riego agrícola y el agua que pasa por el P1 si es apta para riego.

Tabla 6

Antimonio

Elementos	Unidades	Punto V1	Punto V2	Punto P1	ECA
Antimonio	mg/L	< 0.01	< 0.01	0	0.02

Cuadro N° 5



Elaboración propia

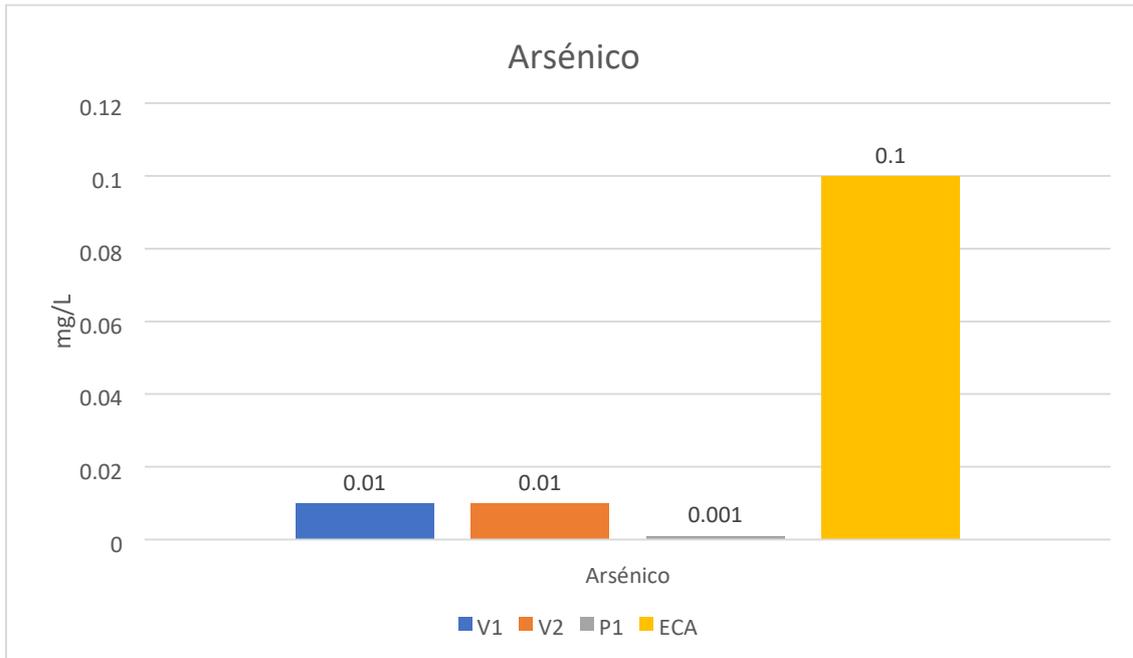
Los valores de la tabla N° 6, graficados en el cuadro N° 5, nos indican que las muestras tomadas en las vertientes V1 y V2 son <0.01 mg/L de antimonio y en la posición P1 no se identificó ninguna traza de antimonio. Para este parámetro el agua es útil para riego agrícola en los tres puntos.

Tabla 7

Arsénico

Elementos	Unidades	Punto V1	Punto V2	Punto P1	ECA
Arsénico	mg/L	< 0.01	< 0.01	0.001	0.1

Cuadro N° 6



Elaboración propia

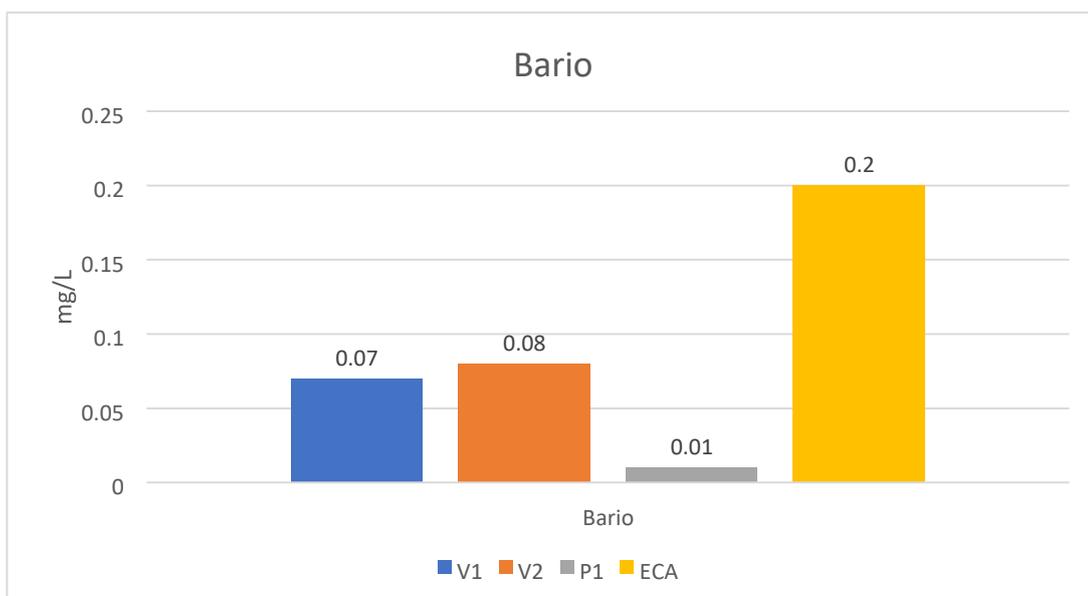
De los análisis de laboratorio mostrados en este cuadro tenemos que en los puntos V1 y V2 los resultados para el arsénico son menores que (<0.01 mg/L) y en el punto P1 tenemos una traza de 0.001 mg/L de lo que podemos interpretar que estos resultados están dentro del margen de los estándares de calidad ambiental para el agua de uso agrícola, que sin embargo no deja de ser un elemento muy peligroso. Estos resultados se muestran graficados en el cuadro N° 6.

Tabla 8

Bario

Elementos	Unidades	Punto V1	Punto V2	Punto P1	ECA
Bario	mg/L	0.07	0.08	0.01	0.2

Cuadro N° 7



Elaboración propia

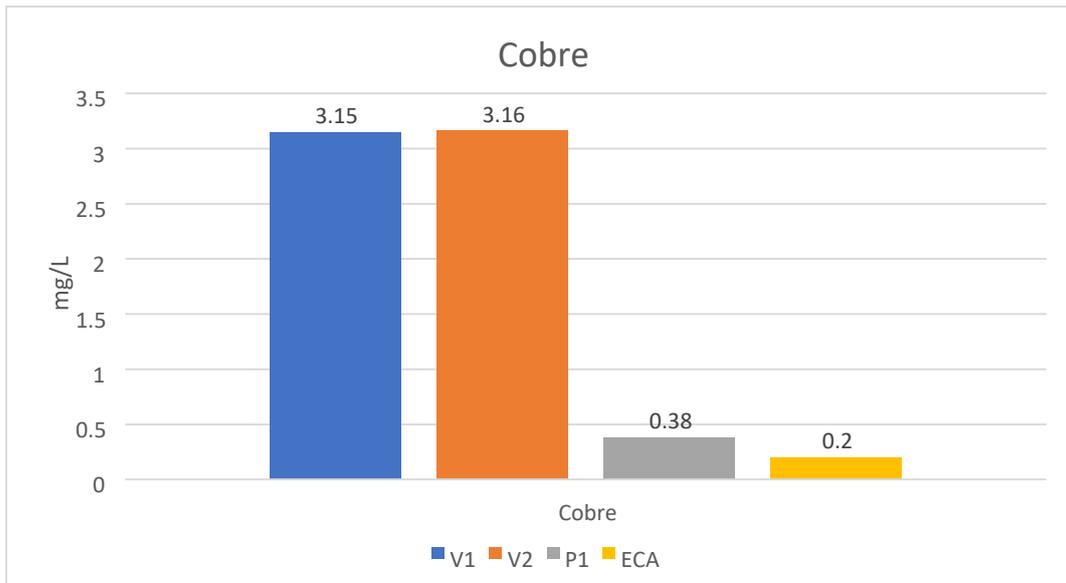
En el cuadro N° 7 observamos que el análisis de la muestra tomada en el punto V1 para el Bario el resultado es de 0.07 mg/L, para el punto V2 de 0.08 mg/L y para el punto P1 de 0.01 mg/L de Bario. De estos resultados se concluye que el agua para este parámetro es útil para el riego.

Tabla 9

Cobre

Elementos	Unidades	Punto V1	Punto V2	Punto P1	ECA
Cobre	mg/L	3.15	3.16	0.38	0.2

Cuadro N° 8



Elaboración propia

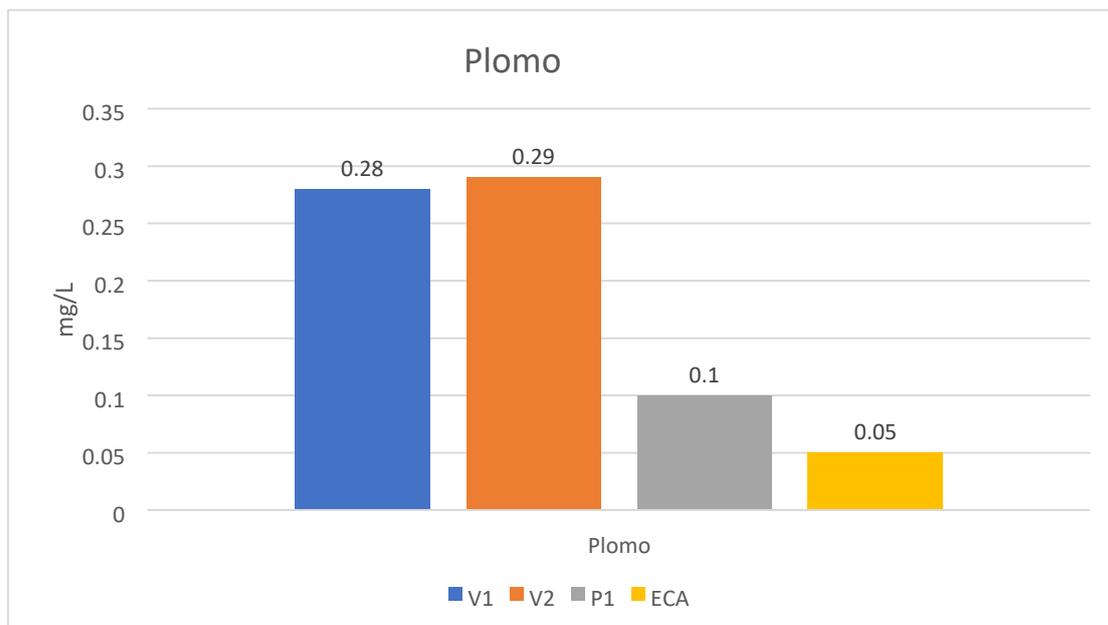
De la tabla N° 9 podemos observar que los resultados del análisis de la muestra tomada el punto de monitoreo V1 tenemos un resultado de 3.15 mg/L, el análisis de la muestra tomada el punto de monitoreo V2 nos da 3.16 mg /L y el resultado del análisis de la muestra tomada en el punto P1 es de 0.38 mg/L de lo que podemos interpretar que en los dos primeros puntos de monitoreo se tiene una concentración muy alta de cobre y el agua que pasa por el punto P1 mucho menor, pero también supera al estándar indicado lo cual podemos concluir que el agua para este parámetro no es útil para riego agrícola.

Tabla 10

Plomo

Elementos	Unidades	Punto V1	Punto V2	Punto P1	ECA
Plomo	mg/L	0.28	0.29	0.10	0.05

Cuadro N° 9



Elaboración propia

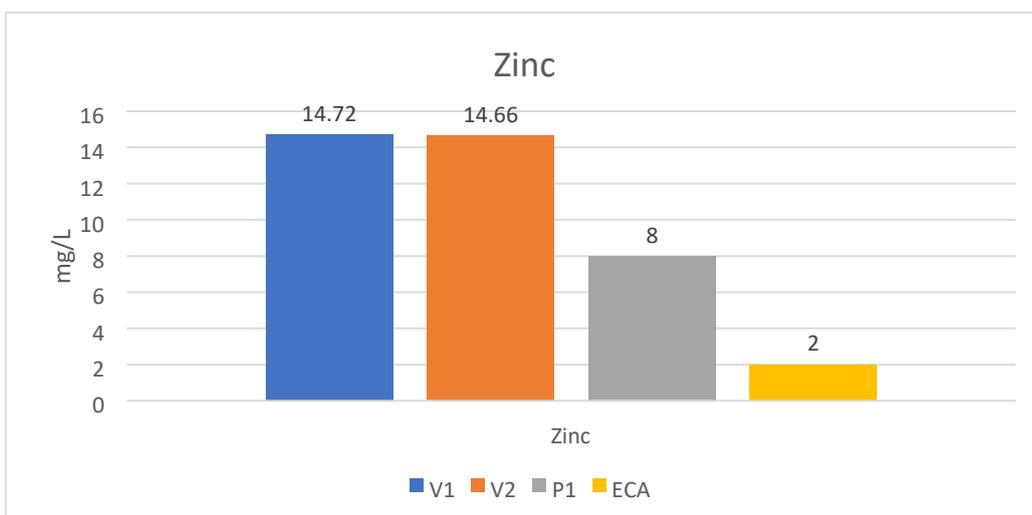
En la presente tabla N° 10 se muestra los resultados de los análisis de muestras tomadas en los puntos V1, V2 y P1, donde en el punto V1 se tiene un resultado de 0.28 mg/L de Plomo, en el punto V2 de 0.29 mg/L, en el punto P1 de 0.1 mg/L. Los análisis de las muestras de los puntos V1 y V2 son muy similares lo que nos indica que estas aguas vienen directamente de minería informal y son muy altos con respecto a los estándares de calidad de calidad para el agua categoría 3. En el punto P1, el análisis muestra un valor menor pero que también está fuera de los estándares. Esta agua para este parámetro no es apta para uso agrícola.

Tabla 11

Zinc

Elementos	Unidades	Punto V1	Punto V2	Punto P1	ECA
Zinc	mg/L	14.72	14.66	8	2

Cuadro N° 10



Elaboración propia

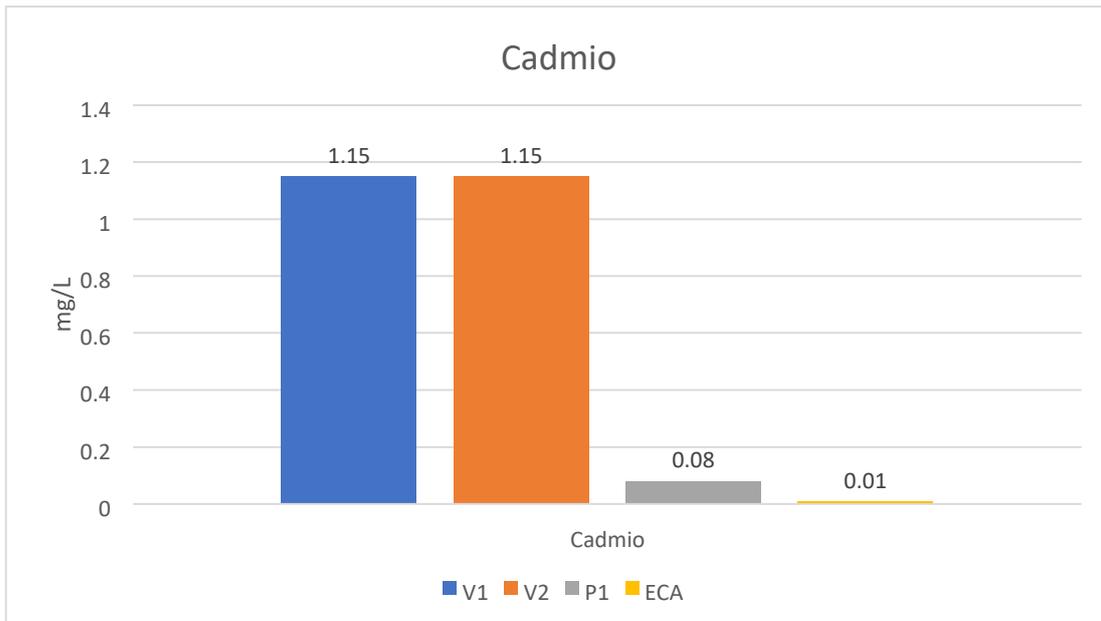
Los análisis de las muestras tomada en los puntos de monitoreo V1, V2 y P1 como se muestra en la tabla N° 11 para el zinc son de 14.72mg/L, 14.66 mg/L y 8 mg/L respectivamente, de lo cual podemos decir que en los puntos V1 y V2 hay una alta concentración de zinc y en el punto P1 con valor menor pero igual, muy lejos de los estándares de calidad ambiental, de lo que podemos interpretar que el agua no puede ser útil para este parámetro para riego agrícola.

Tabla 12

Cadmio

Elementos	Unidades	Punto V1	Punto V2	Punto P1	ECA
Cadmio	mg/L	1.15	1.15	0.08	0.01

Cuadro N° 11



Elaboración propia

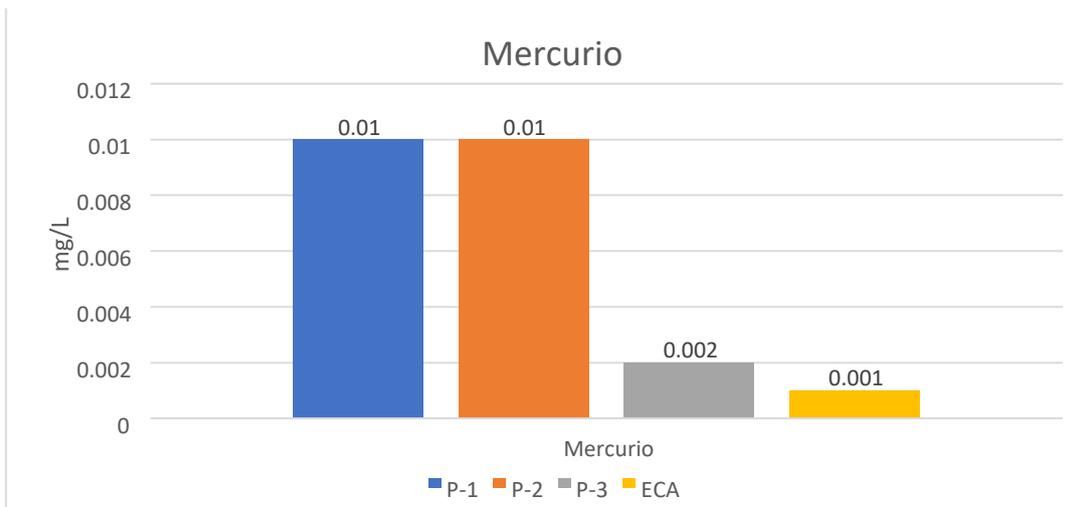
Los análisis de las muestras para el cadmio mostrados en la tabla N° 12 en los tres puntos respectivos son de 1.15 mg/L, 1.15 mg/L, y 0.08 mg/L, de lo que podemos concluir que este parámetro también tiene una concentración alta en estas aguas contaminadas por la minería informal, por lo que de acuerdo a los ECA no es apta para riego agrícola para este elemento.

Tabla 13

Mercurio

Elementos	Unidades	Punto V1	Punto V2	Punto P1	ECA
Mercurio	mg/L	<0.01	<0.01	0.002	0.001

Cuadro N° 12



Elaboración propia

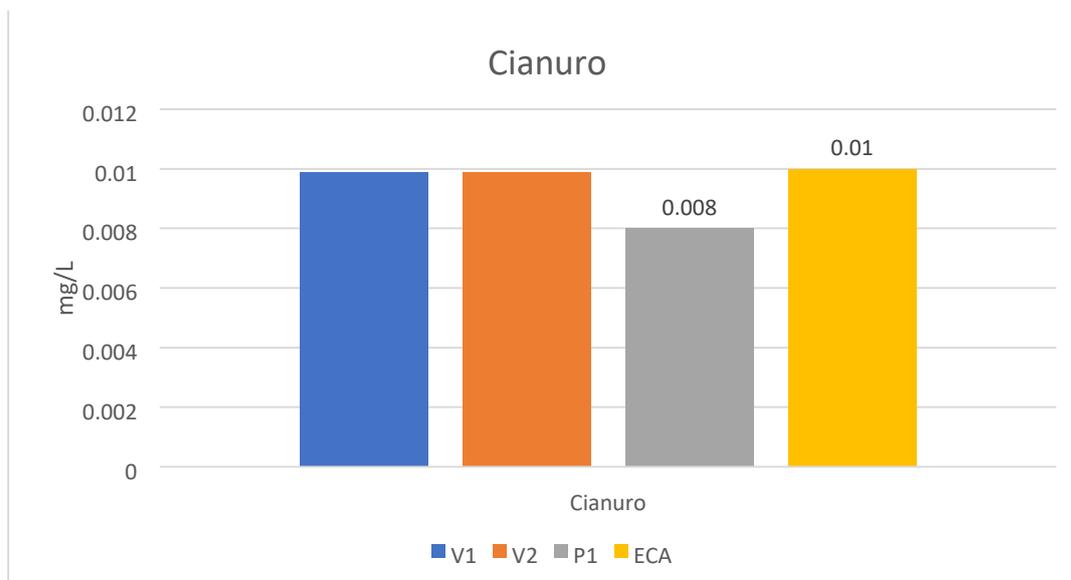
En el cuadro N° 12 se muestra los resultados de análisis para el mercurio donde la muestra del punto de monitoreo V1 contiene 0.01 mg/L , la muestra del punto de monitoreo V2 contiene 0.01 mg/L y del punto de monitoreo P1 contiene 0.002 mg/L, donde en los dos primeros puntos las concentraciones son iguales, mientras en punto P1 es mucho menor; pero en los tres casos podemos decir que sobrepasan los estándares de calidad, por lo que esta agua no está recomendada para uso agrícola para este parámetro .

Tabla 14

Cianuro

Elementos	Unidades	Punto V1	Punto V2	Punto P1	ECA
Cianuro	mg/L	<0.01	<0.01	0.008	0.01

Cuadro N° 13



Elaboración propia

De la tabla N° 14 los resultados de los análisis de muestra en los puntos de monitoreo V1 y V2 son iguales y <0.01 mg/L y el análisis del agua tomada en el punto de monitoreo P1 es de 0.008 mg/L. Estos registros son menores a los establecidos por los estándares de calidad ambiental para el agua por lo tanto cumple para agua de uso agrícola.

4.3. Prueba de hipótesis

Concluida la investigación bajo la hipótesis “La calidad del agua, contaminada por la minería informal **no es apta** para el riego agrícola en el distrito de Sayapullo”, se concluye que la hipótesis planteada es **válida** al determinarse que la mayoría de los parámetros no están dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA).

4.4. Discusión de resultados

Después de haber terminado el trabajo de investigación, los resultados obtenidos in situ de la conductividad en las vertientes V1, V2 y posición P1 son 3002 $\mu\text{S}/\text{cm}$; 3007 $\mu\text{S}/\text{cm}$; 1025 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, el oxígeno disuelto (OD) en las vertientes V1 y V2 son, 0.96 mg/L; 0.88 mg/L y en la posición P1 un valor de 1.5 mg/L y el potencial de hidrógeno con 2.73 pH; 2.14 pH en las

vertientes V1 y V2 y de 7.14 pH en la posición P1. Para el caso de la conductividad en las vertientes V1 y V2 sobrepasan el estándar de calidad ambiental para el agua de uso agrícola, pero el resultado obtenido en la posición P1 la conductividad está dentro de los ECA como se ve en la tabla N°4.

El oxígeno disuelto en las vertientes V1, V2 y P1 son menores al OD establecido por los ECA para el agua de categoría 3 (LMP >4 mg/L). La acidez en las vertientes V1 y V2 es muy alto originando que estas aguas no sean aptas para riego agrícola. Sin embargo, el agua muestreada en el punto P1 tiene un pH dentro de los estándares de calidad tabla N° 2.

Para el caso de los metales pesados como el Antimonio, Arsénico, Bario, están, dentro de los estándares de calidad tanto en las vertientes V1, V2 y la posición P1 como se puede verificar en las tablas N°6, N°7, N°8 y así como el cianuro cuyo valor se muestra en la tabla N°14, cumplen con los estándares de calidad ambiental.

Los metales Bario, Cobre, Plomo, Cinc, Cadmio, Mercurio, sus análisis presentan valores muy elevados con respecto a los estándares de calidad ambiental, lo que nos permite concluir que el agua para estos elementos no cumple con la norma para riego agrícola. En general estas aguas no son aptas para riego agrícola.

CONCLUSIONES

1. El agua de las vertientes V1, V2 presentan altos niveles de acidez con valores de 2.73 y 2.14 de pH por lo que estas aguas no son aptas para riego agrícola.
2. El mercurio siendo uno de los metales más peligrosos de contaminación tiene una presencia importante que excede al estándar de calidad ambiental para agua, originando que no sea apta para riego agrícola.
3. Se concluye que la conductividad eléctrica también es alta con valores de 3002 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la vertiente V1 y de 3007 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la vertiente V2 los cuales indican que tienen gran concentración de sales los cuales contaminan los suelos de cultivo.
4. Se concluye que las aguas de las vertientes V1 y V2 presentan gran concentración de Aluminio de 10.39 mg/L y 10.40 mg/L respectivamente, de modo que estas aguas no califican para agua de riego. El agua de la posición P1 tiene una concentración menor pero muy cerca al valor umbral establecido en el estándar de calidad ambiental.
5. Las aguas de las vertientes V1 y V2 contienen una alta concentración de Cobre con 14.72 mg/L y 14.66 mg/L, los cuales inhabilitan a estas aguas para el riego.
6. El análisis del agua de la posición P1 indican que el grado de concentración de Aluminio es mínima, pero a su vez también es mayor al límite permisible.
7. En forma general el agua contaminada por la minería informal en el distrito de Sayapullo no es apta para el riego de cultivos agrícolas.

RECOMENDACIONES

1. Que la Autoridad Nacional del Agua – ANA, debe de restringir el uso de estas aguas vertidas por la minería informal por no cumplir con los estándares de calidad ambiental para agua, haciendo cumplir el artículo 2° del Título I del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos
2. Se recomienda a la autoridad competente, que haga cumplir a la actividad de la minería informal con el tratamiento de aguas residuales de las vertientes V1, V2 y de la vertiente que desemboca al río Sayapullo, para mejorar la calidad del agua para riego agrícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Corcuera, C. (2015). *Impacto de la contaminación de la minería informal en el Cerro el Toro-Huamachuco*. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2969>
- Gutiérrez, T. (2015). *Impactos mineros, agropecuarios y de la conservación en la calidad del aguay sedimentos, cuenca Tambopata, Madre de Dios*. Universidad agraria la molina, Lima. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2195>
- LLavilla Cayllahua , J. (2018). Evaluación de metales pesados en el agua de los ríos de Pataqueña y Chacapalca del distrito de Ocuvi, lampa – puno. *Revista científica de Investigación Ambiental*, 2(1), pp. 53-63. Obtenido de <http://revistas.upsc.edu.pe/journal/index.php/RIAM/article/view/22/27>
- Loaiza Choque, L. (2016). Evaluación del riesgo ambiental por metales pesados, *Maestría*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5221>
- Tapia Ccallohuana, J. M. (2017). Impacto ambiental al recurso hídrico de la cuenca media del Río Rímac a consecuencia de la minería, En el distrito Ricardo Palma, Chosica 2017. *pregrado*. Universidad César Vallejo, Lima. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe>
- Pari, D. (2017). Efectos de los relaves mineros en la calidad del agua del río Ananea-Puno [Universidad Nacional del Altiplano, *tesis de pregrado*. Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7074?show=full>
- García Y. (2015). Calidad del agua con fines de riego. *Revista digital de Medio Ambiente “Ojeando la agenda” (Nº35), pp 2-13.*

BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.quintiamedioambiente.com/blog/contaminantes-problemasambientales-actividad-minera/>
2. <http://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/2969/TESIS%20MAESTRIA%20C%3%89SAR%20AUGUSTO%20CORCUERA%20HORNA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12977/Tapia_CJM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
4. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2195/To1-G88-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/5221/Loaiza_chl.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6. <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacionanalisis-agua-riego>
7. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 N.º 2, Julio-diciembre 2016, pp. 66-77, Sogamoso-Boyacá. Colombia ISSN Impreso 1900-771X, ISSN Online 2422-4324

Procedimiento de validación y confiabilidad

ANEXO 02: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRA 01 DE AGUA SUPERFICIAL



SERVICIOS DE ANÁLISIS Y ASESORÍA **DELTAS** S.R.L

REPORTE DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : ÁMBAR SULLAY AMPARO VENTOCILLA CAPCHA
MUESTRA : EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA PARA RIEGO
AGRÍCOLA CONTAMINADA POR LA MINERÍA INFORMAL
PROCEDENCIA : DISTRITO DE SAYAPULLO
FECHA DE INGRESO : 14 DE OCTUBRE DE 2019

ELEMENTOS/MUESTRA V1	RESULTADOS
ALUMINIO, mg Al/L	10.39
ANTIMONIO, mg Sb/L	< 0.01
ARSÉNICO, mg As/L	< 0.01
BARIO, mg Ba/L	0.07
COBRE, mg Cu/L	3.15
PLOMO, mg Pb/L	0.28
CINC, mg/L	14.72
CADMIO, mg Cd/L	1.15
MERCURIO, mg Hg/l	< 0.01
CIANURO, mg CN/L	< 0.01

NOTA: EMISIÓN ATÓMICA EN EL ICP OES MARCA TELEDYNE LEEMAN, MODELO PRÓDIGY XP PARA
TODOS LOS ELEMENTOS A EXCEPCIÓN QUE AL CIANURO SE APLICÓ EL MÉTODO VOLUMÉTRICO

TRUJILLO 24 DE OCTUBRE DE 2019

ING. NOÉ COSTILLA SÁNCHEZ

JEFE DE LABORATORIO

CIP 18715 / PERITO QUÍMICO



**ANEXO 03: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRA 02 DE AGUA
SUPERFICIAL**



**SERVICIOS DE ANÁLISIS Y ASESORÍA
DELTAS S.R.L**

REPORTE DE ANÁLISIS

N° 085-deltas-2019

SOLICITANTE : ÁMBAR SULLAY AMPARO VENTOCILLA CAPCHA
MUESTRA : EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA PARA RIEGO
AGRICOLA CONTAMINADA POR LA MINERÍA INFORMAL
PROCEDENCIA : DISTRITO DE SAYAPULLO
FECHA DE INGRESO : 14 DE OCTUBRE DE 2019

RRESULTADOS:

ELEMENTO / MUESTRA V2	mg / L (A)
ALUMINIO	10.40
ANTIMONIO	<0.01
ARSÉNICO	<0.01
BARIO	0.08
COBRE	3.16
PLOMO	0.29
CINC	14.66
CADMIO	1.15
MERCURIO	<0.01
CIANURO	<0.01

(A) MÉTODO DE EMISIÓN ATÓMICA EN EL ICP-OES TELEDYNE PRODIGY XP

TRUJILLO 24 DE OCTUBRE DE 2019


ING. NOÉ COSTILLA SÁNCHEZ
JEFE DE LABORATORIO
CIP 18715 / PERITO QUÍMICO



**ANEXO 04: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRA 03 DE AGUA
SUPERFICIAL**



**SERVICIOS DE ANÁLISIS Y ASESORÍA
DELTAS S.R.L.**

REPORTE DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : ÁMBAR SULLAY AMPARO VENTOCILLA CAPCHA
MUESTRA : EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA PARA RIEGO
AGRICOLA CONTAMINADA POR LA MINERÍA INFORMAL
PROCEDENCIA : DISTRITO DE SAYAPULLO
FECHA DE INGRESO : 14 DE OCTUBRE DE 2019

RESULTADOS:

ELEMENTO/MUESTRA P1	mg / L (A)
ALUMINIO	4.02
ANTIMONIO	0
ARSÉNICO	0.001
BARIO	0.01
COBRE	0.38
PLOMO	0.10
CINC	8.00
CADMIO	0.08
MERCURIO	0.002
CIANURO	0.008

(A) MÉTODO DE EMISIÓN ATÓMICA EN EL ICP-OES TELEDYNE PRODIGY XP

TRUJILLO 24 DE OCTUBRE DE 2019

ING. NOÉ COSTILLA SÁNCHEZ

JEFE DE LABORATORIO

CIP 18715 / PERITO QUÍMICO



Urb. Monserrate 5 *Etapa Mz. D2 Lote 9 - Trujillo - La Libertad R.U.C. 20482155058
Telef.: 044-280011 - 949 960633 - 949 564849. E-mail: deltas09@yahoo.com

ANEXO 05: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua-Categoría 3

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ --N) + Nitritos (NO ₂ --N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ --N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000

Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/L	0,2	0,5
Cobalto	mg/L	0,05	1
Cromo Total	mg/L	0,1	1
Hierro	mg/L	5	**
Litio	mg/L	2,5	2,5
Magnesio	mg/L	**	250
Manganeso	mg/L	0,2	0,2
Mercurio	mg/L	0,001	0,01
Níquel	mg/L	0,2	1
Plomo	mg/L	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,02	0,05
Zinc	mg/L	2	24
ORGÁNICO			
<u>Bifenilos Policlorados</u>			

Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,045	
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35	35	
<u>Organoclorados</u>				
Aldrín	µg/L	0,004	0,7	
Clordano	µg/L	0,006	7	
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001	30	
Dieldrín	µg/L	0,5	0,5	
Endosulfán	µg/L	0,01	0,01	
Endrin	µg/L	0,004	0,2	
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	0,03	
Lindano	µg/L	4	4	
<u>Carbamato</u>				
Aldicarb	µg/L	1	11	
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	2000	1000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1000	**	**
Huevos de Helmintos	NMP/100 ml	1	1	**

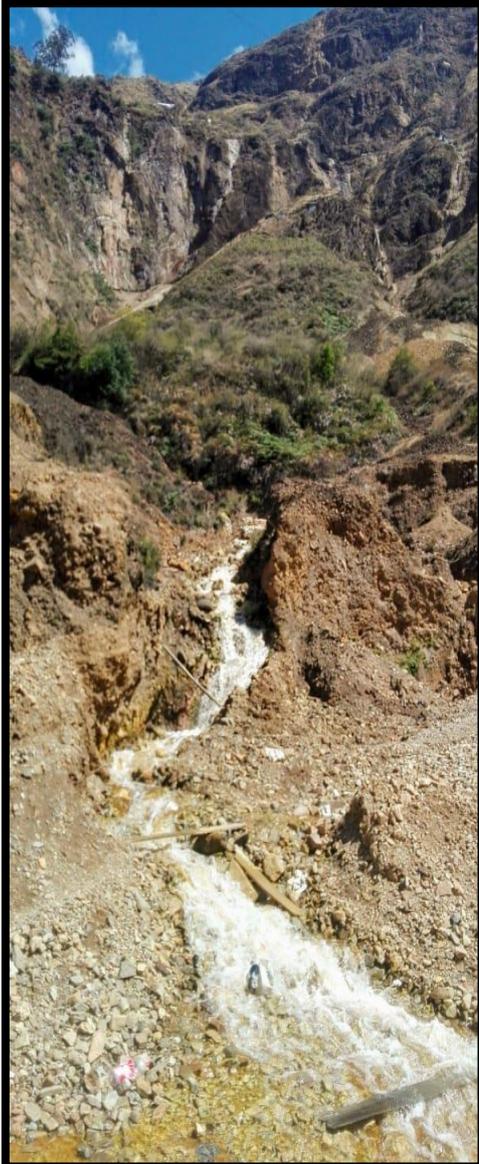
ANEXO 06: Panel Fotográfico

Procesamiento informal de minerales



Aguas contaminadas por la minería informal en el cerro San Jorge vertidas a la quebrada la catedral.

En la fotografía de la izquierda se muestra aguas contaminadas originadas por el procesamiento informal mostrada en la fotografía de la izquierda





Toma de muestras en la
vertiente V1.



Toma de muestras en la
vertiente V2.