

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis fisicoquímico y microbiológico para la
evaluación de la calidad del agua de mina de
drenajes efluentes de la estación 2210 CÍA
Minera Casapalca S. A.**

Mario Carhuamaca Vilcahuaman

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESORIA

Ing. Oscar Canchucaja Gutarra.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por darme la salud y por bendecir la vida de mis seres queridos y también por la bendición que derrama sobre mí día a día.

Agradezco infinitamente a mi amada esposa; por ser la impulsora y el gran apoyo en el que sostienen el logro de mis objetivos trazados.

A mis padres, por su apoyo incondicional en todo el recorrido de mi vida académica, en mi formación personal y profesional.

Del mismo modo agradezco a todos mis maestros por su entrega en sus didácticas clases dándome los conocimientos requeridos para poder lograr los objetivos requeridos.

DEDICATORIA

El presente estudio está dedicado a mis amados padres, por su apoyo y esfuerzo incondicional en mi formación personal y profesional.

A mis hijos, Alejandro y Víctor, porque son mi fuerza, motivación e inspiración para poder superarme día a día y así poder luchar para poder lograr un mejor futuro.

ÍNDICE

PORTADA.....	I
ASESORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	12
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	12
1.1.1. Problema general.....	13
1.1.2. Problemas específicos.....	13
1.2. Objetivos.....	13
1.2.1. Objetivo general.....	13
1.2.2. Objetivos específicos.....	13
1.3. Justificación e importancia.....	14
1.3.1. Justificación teórica.....	14
1.3.2. Justificación metodológica.....	14
1.3.3. Justificación práctica.....	15
1.4. Hipótesis y descripción de variables.....	16
1.4.1. Hipótesis general.....	16
1.4.2. Hipótesis específicas.....	16
1.4.3. Identificación de variables.....	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes del problema.....	18
2.2. Generalidades de la unidad minera.....	25
2.2.1. Ubicación y accesibilidad.....	25
2.2.2. Accesibilidad.....	26
2.3. Geología.....	27
2.3.1. Geología regional.....	27

2.3.2. Geología local.....	28
2.3.3. Estratigrafía	30
2.3.4. Actividades de la mina.....	32
2.3.5. Clima de la zona.....	33
2.4. Bases teóricas	34
2.4.1. Base necesaria microbiológica.....	34
2.4.2. Base necesaria para determinación de ICA	36
2.4.3. Calidad de Agua	36
2.4.4. Evaluación de Calidad de Agua.....	36
2.4.5. Bases Legales	38
2.5. Definición de términos básicos	41
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	46
3.1. Método y alcance de la investigación	46
3.2. Diseño de la investigación	47
3.3. Tipo y nivel de la investigación	47
3.4. Población y muestra	47
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
3.5.1. Técnica.....	47
3.5.2. Instrumentos.....	48
3.5.3. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	48
CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	49
4.1. Resultados de los puntos de monitoreo.....	50
4.2. Cálculo del alcance, frecuencia y amplitud.....	56
4.3. Discusión de resultados.....	57
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ruta de acceso a la minera Casapalca	27
Tabla 2. Tipos de microorganismos según rango de pH desarrollado	35
Tabla 3. Interpretación de la calificación ICA	37
Tabla 4. Parámetros máximos permitidos para el desfogue de residuos líquidos actividades mineros - metalúrgicos	39
Tabla 5. Niveles máximos permitidos de emisión para las unidades mineras metalúrgicas	40
Tabla 6. Valor máximo de emisión para las unidades mineras en operación que reanudan trabajos.....	41
Tabla 7. Frecuencia de análisis químico	41
Tabla 8. Punto de monitoreo 1	50
Tabla 9. Punto de monitoreo 2	50
Tabla 10. Punto de monitoreo 3	50
Tabla 11. Cálculo de alcance, frecuencia, y amplitud	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen 1 - mapa de la ubicación de la estación 2210 Cía. minera Casapalca S. A.....	26
Figura 2. Mapa geológico de Cía. minera Casapalca	28
Figura 3. Columna estratigráfica	31
Figura 4. Cálculo del porcentaje de calidad de agua	36

RESUMEN

La presente investigación busca evaluar la calidad de agua de mina a través del análisis fisicoquímico y microbiológico de los afluentes de compañía minera Casapalca S. A. Esto responde al control de calidad de agua minera que debe realizar correctamente para controlar y prevenir la contaminación derivada de la actividad, así también esto demuestra que los eslabones de la actividad concatenan procesos de calidad en la compañía minera Casapalca S.A.

La presente tesis tiene por título “Análisis fisicoquímico y microbiológico para la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 Cía. Minera Casapalca S.A”.

Se buscó determinar la calidad del agua de mina en los drenajes salientes de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S. A. mediante tres muestreos in situ en un radio de 150 metros del afluente principal, con nueve mediciones que luego fueron analizadas en laboratorio.

Entre los principales resultados se tuvo tres puntos de medición con tres muestras y considerando diez variables; se tienen noventa datos, de las cuales cinco resultaron fallidas en los análisis. Se realizaron los cálculos del alcance (2500.00), la frecuencia (194.70) y la amplitud (33.1843), teniendo un valor según Ica de 69.95 según las tablas de identificación e interpretación se tiene una calidad de agua de mina regular.

Palabras Clave: Calidad, agua, mina, minera, fisicoquímico, microbiológico.

ABSTRACT

The present investigation sought to evaluate the quality of mine water through the physicochemical and microbiological analysis of the tributaries of Cia Minera Casapalca S.A., this responds to the quality control of mining water that must be carried out correctly to control and forecast the contamination derived from the activity, This also shows that the links of the activity concatenate quality processes in the Casapalca mining Cia

This thesis is entitled "Physicochemical and microbiological analysis allows the evaluation of the quality of the mine water from effluent drains of the Station 2210 Cía Minera Casapalca S.A".

We sought to determine the quality of the mine water in the close drains of the 2210 Cía Minera Casapalca S.A station, by means of 3 in situ sampling within a radius of 150 meters from the main tributary, with nine measurements that were later analyzed in the laboratory.

Among the main results there were 3 measurement points with 3 samples and considering 10 variables there are 90 data, of which 5 were unsuccessful in the analyzes, calculations of the scope (2500.00), the frequency (194.70) and the amplitude were performed (33.1843), having an Ica value of 69.95 according to the identification and interpretation tables, it has a regular mine water quality.

Keywords: Quality, Water, Mine, Mining, Physicochemical, Microbiological.

INTRODUCCIÓN

La tesis tiene como propósito evaluar la calidad del agua de mina en los drenajes efluentes de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S. A. El presente estudio busco evaluar la calidad de agua de mina a través del análisis fisicoquímico y microbiológico de los afluentes de compañía minera Casapalca S.A, esto responde al control de calidad de agua minera que debe realizar correctamente para controlar y prever la contaminación derivada de la actividad.

Se efectuaron los cálculos pertinentes, para caracterizar las muestras y los niveles según la Norma ICA- PE. Para lograr el objetivo se han desarrollado cinco capítulos que abordaron los siguientes temas para el desarrollo de la tesis:

Capítulo I, se desarrolló el planteamiento y la formulación del problema, los objetivos y la justificación del estudio.

Capítulo II, se desarrolló el marco teórico, antecedentes, bases teóricas y definición de términos.

Capítulo III, se desarrolló la metodología, diseño de investigación, población, muestra y criterios de validez y confiabilidad.

Capítulo IV, se desarrolló el análisis y discusión de resultados.

Finalmente, las conclusiones y referencias bibliográficas, las cuales se ponen a disposición para futuras investigaciones.

El autor

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

El objetivo central de este trabajo fue dar una caracterización de la calidad del agua de mina de los drenajes efluentes de la estación 2210 de la compañía minera Casapalca S.A y establecer el cumplimiento de los parámetros de calidad, según la norma nacional, que nos permitió determinar más de dos objetivos en forma simultánea: la calidad fisicoquímica y la calidad microbiológica. (1)

Actualmente la evaluación de la calidad del agua liberada a los efluentes por empresas mineras ha sido de amplia controversia y objeto de investigaciones por parte de OEFA y ANA desde hace más de 20 años. (2)

Existe indudablemente un impacto ambiental y responsabilidad de la empresa minera por mantener en los parámetros adecuados la calidad del agua con que se trabaja en la mina, así también un estudio como este pone a prueba los métodos, técnicas y procedimientos de tratamiento y contención que la empresa minera ejecuta en forma habitual para el tratamiento de residuos antes de ser liberado al medio ambiente. (3)

Un problema específico fue caracterizar los efluentes de compañía minera Casapalca S. A. si bien la misma empresa manifiesta que se realiza el tratamiento previo a la liberación, es necesaria una evaluación corroborativa de estos parámetros fisicoquímicos (color, pH, conductividad y turbidez).

Otro problema específico es la evaluación de la calidad microbiológica, ya que si esta se altera podría generar un desbalance en los sistemas ecológicos adyacentes a la mina en especial por arrastre en los afluentes acuíferos. Es importante entonces una evaluación de los coliformes term. 44.5 °C y *escherichia coli* en los drenajes.

Por lo antes expuesto se ve necesario presentar esta investigación que cumplió con objetividad y pertinencia, para que puedan ser considerados como base para futuras investigaciones.

1.1.1. Problema general

¿El análisis fisicoquímico y microbiológico permite la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la estación 2210 compañía minera Casapalca S. A.?

1.1.2. Problemas específicos

- a) ¿El análisis fisicoquímico permite la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S. A.?
- b) ¿El análisis microbiológico permite la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S. A.?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el análisis fisicoquímico y microbiológico para la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S. A.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Aplicar el análisis fisicoquímico para la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S. A.
- b) Aplicar el análisis microbiológico para la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S. A.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación teórica

Actualmente la mayoría de compañías de explotación minera han sido objeto de muchas investigaciones, tanto académicas como gubernamentales, y se tiene en un groso consolidado que las empresas mineras “contaminan”; pero esta investigación busca determinar la realidad de la contaminación causada y si esta disminuye la calidad del agua considerablemente, buscando rebatir el común aceptado, pretendiendo demostrar que existe minería responsable, siendo una de los principales puntos de medición de los niveles de contaminación los efluentes de agua de mina, que es objeto de este estudio; razón por la cual se justifica este estudio que busca comprobar las evaluaciones de otras investigaciones y las gubernamentales.

La calidad fisicoquímica ha sido punto generalizado de medición en diversas investigaciones, incluso han generado nuevas teorías sobre su mitigación y disminución de impacto en el medio ambiente, pero en la mayoría de estas la medición se realiza dentro de las instalaciones de la mina. Esta investigación pretende evaluar los niveles de calidad fisicoquímica fuera de la mina en puntos claves donde sus efluentes liberan el agua contaminada.

La evaluación de la calidad microbiológica se realizará según los criterios internacionales y nacionales como ICA-PE, que considera la calidad microbiológica tan o más importante que la fisicoquímica ya que mide la capacidad del agua para sostener ecosistemas y que este no propicie una caída acelerada del mismo.

1.3.2. Justificación metodológica

Mantener las evaluaciones de agua de mina como efluente minero es necesario, ya que la posible contaminación puede detectarse solo en mediciones programadas, pero como la misma ANA (Autoridad Nacional del Agua) menciona (4), falta mayor continuidad y mayores estudios que permitan una evaluación objetiva, mejorando mediante las aplicaciones constantes, los métodos y los estándares de medición. Este estudio se justifica ya que pone a prueba el método, mejorando las horas de medición y la toma de muestra. Este estudio tratará de buscar las horas de mayor probabilidad de la liberación en los efluentes de agua de mina, así como buscar las zonas estratégicas para las respectivas tomas de agua.

Para la evaluación fisicoquímica, en cuanto a métodos, se utilizará la triada con al menos tres muestras de los puntos de medición seleccionados. Se considerará el efecto de precipitación de muchos metales; por lo cual, se realizará en la distancia más corta al afluente, ya que, si por precipitación descienden al lecho del efluente, estos pueden estar presentes y removerse con el aumento de lluvias, deslizamientos y otros.

La medición microbiológica se realizará a la brevedad posible de la toma de la muestra y para incrementar la objetividad se requerirá de laboratorios implementados y especializados en mediciones microbiológicas.

1.3.3. Justificación práctica

Impulsar la minería responsable es uno de los aportes de este estudio, ya que solo con una evaluación objetiva y exhaustiva podría dar un acercamiento real de la liberación de contaminantes en el agua de mina, siendo la compañía minera Casapalca S. A una de las empresas mineras más grandes y que propugna en su información empresarial que mantiene una alta calidad de tratamiento de agua que a propia información de la minera lo explica como el: "Apropiado tratamiento de agua para consumo con la añadidura de calcio al 70%, con una dosis de 1ppm. (mg/l) Se hacen de forma mensual muestreos de calidad de agua para análisis de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos (5); siendo ese el criterio de compañía minera Casapalca S. A. Este estudio pretende validar lo que la minera sustenta.

El impacto fisicoquímico en el agua suele ser un punto de inicio para la debacle ecológica, por eso es necesario controlarlo. Este estudio pretende realizar una medición objetiva, cuantitativa y adecuada para poder tener información actualizada de la calidad fisicoquímica del agua de mina; el aporte sería actualizar dicha información y poder comparar los parámetros con otros como los que posee las autoridades nacionales del agua y los de la misma mina.

El aumento de bacterias dañinas al medio ambiente como (coliformes term. 44.5 °C y *escherichia coli*), son indicadores claros de la no sostenibilidad de un ecosistema y del consumo acelerado de los recursos y falta de entrada o salida de energía por falta de actores biológicos controladores. Esta investigación aportará en dar información

práctica para las medidas necesarias que se requieran de los personales directivos de la mina y las autoridades pertinentes.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis general

El análisis fisicoquímico y microbiológico influye positivamente en la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes tomando en cuenta los parámetros de ICA –PE de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S. A.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) El análisis fisicoquímico permite la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes, desde el punto de vista del contenido de minerales y PH del agua, de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S. A.

- b) El análisis microbiológico permite la evaluación de la calidad del agua de mina desde el punto de vista del contenido de seres vivos (Coliformes), de drenajes efluentes de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S. A.

1.4.3. Identificación de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADORES
<p><u>Variable independiente</u></p> <p>Análisis Físicoquímico y Microbiológico</p>	<p>“Expresa que deberá estar sin ningún microorganismo patógeno de minerales y sustancias orgánicas que pueden reproducir consecuencias fisiológicas desfavorables”. (Arroyo, 2010)</p>	<p><u>PARTES DE LA VARIABLE.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Adición de reactivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicador de medición Físico Químico: Adición de Hipoclorito de Calcio al 70% • Indicador de medición Microbiológico: Adición de Hipoclorito de Calcio al 70%
<p><u>Variable dependiente</u></p> <p>Evaluación de la calidad de agua en mina</p>	<p>Significa Adecuados niveles físicoquímicos y microbiológicos para la calidad del agua. (Aylas, y otros, 2014)</p>	<p><u>PARTES DE LA VARIABLE.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Parámetros físicos • Parámetros químicos • Parámetros biológicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos o residuos, turbulencia, color, olor y sabor, temperatura. • Aceites y grasas, conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, dureza, pH, cloruros, sodio, Sulfatos. • Coliformes termo tolerantes y coliformes totales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

- Tesis de pregrado que lleva como título “*Tratamiento y sedimentación de la turbidez con cal en las aguas residuales de los relaves mineros de la Unidad Operativa Minera Santiago - B*”. El investigador realiza el trabajo en el paraje Vizcachani – Ananea de la concesión minera Estela, la cual pertenece a las centrales de sociedades mineras de San Antonio de Poto Limitada. Se tiene como problema principal la turbiedad y el retraso del sedimento de sólidos totales en suspensión (SST). El objetivo general es estudiar el sedimento del sólido total en suspensión (SST) y bajar el nivel de turbiedad de las aguas residuales de desechos de procesos en la mina, la cal se usó a modo coagulador – floculante en la unidad operativa minera Santiago – B. Para poder conseguir la data de muestreo se ha usado herramientas para realizar la monitorización y evaluación ambiental de la FIM-UNAP, registro de apuntes, botellas de plástico, y muchos más. El diseño de investigación fue experimental, el método de prueba de jarras (Jar-Test) en el recinto de control de calidad de la facultad de Ingeniería Química – UNAP y el recinto para monitorear y evaluación ambiental de la facultad de Ingeniería de Minas – UNAP. Se realizaron exámenes de sedimento de probetas de cien ml y en vasos precipitados de un l.; también la prueba de turbidez y sedimento de SST. Los exámenes de experimento se realizaron por cuatro fechas, reflejando la turbiedad inicial de 81900 NTU y SST ha sido de 67400 mg/l, y el efecto concluyente para una unid. de tiempo de sesenta minutos. La turbiedad de 19,39 NTU y SST concluyente de 18,25 mg/l, siendo la cantidad perfecta de cal 5 % es

0,3 gr. de cal por litro de agua de residuo, y una remoción de 99,976 % de turbidez y 99,973 % de remoción para SST". (6)

- Tesis de pregrado titulada “*Impacto de la actividad minera sobre las comunidades acuáticas del río Uchusuma- Vila Vilani*”. Este estudio tenía por objetivo, hacer la evaluación del impacto de los trabajos mineros en las poblaciones acuáticas de río Uchusuma – Vila Vilani por medio de la personalización de taxonomía de dicha comunidad, investigación de biodiversidad, indicadores fisicoquímicos, a través del empleo de bioindicadores de calidad de agua. Se realizó la recopilación de modelos en cuatro estaciones de muestreo, en la cual se logró recolectar cuatro muestras de agua. Las evaluaciones en las estaciones de muestreo se realizaron en el lapso de mayo a octubre del 2014, empezando con extraer la muestra de fitoplancton, zooplacton, macro invertebrados y animales acuáticos, por medio de las guías de metodologías de EPA. También se realizó en toda la estación el análisis *in situ* de indicadores físico-químicos (pH, Tº, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y solidos totales disueltos). La determinación de calidad de agua se hizo usando índice biológico: fitoplancton y bentos. Se encontró 196 variedades de microalgas, se distribuyó en seis grupos taxonómicos: *Bacillariophyta*, *Cyanobacteria*, *Cholorophyta*, *Euglenophyta*, *Xanthophyta* diatomeas, con 98%. Respecto a micro invertebrados se encuentra representada por el *Phyllum Rhizopoda* en un 23 %. Los macro invertebrados se conformó por cuatro *phyllum*, once clases, veinte órdenes y cuarenta familias, encontrando que la familia insecto la más grande con un 80 %. Los vertebrados estaban constituidos por *trichomycterus rivulatus* “bagre” y *orestias empyraeus* “carachi”. Se logró evaluar la calidad de agua, usando el IDG y IBF, encontrando una efluencia módica en las iniciales estaciones y calidad normal en las estaciones finales posteriormente de las actividades mineras. (7)
- Tesis de pregrado titulada “*Evaluación y propuesta de mitigación de efluentes de aguas ácidas de cantera de caolín*”. En este trabajo el investigador se centró en los problemas de la polución medioambiental causado por efluentes de aguas ácidas las cuales son emisiones de carácter natural en un lugar de caolinización de cerca de 1,5 hectáreas. En este lugar hay tres puntos de trasmisión de aguas ácidas, las

que han sido encontradas al hacer cortes de búsqueda preparatoria por caolín en el lugar de Wando–Hvca. en las demarcaciones del cuadrángulo 26-m y 26-n. La determinación geoquímica de las aguas y las sedimentaciones monitoreadas, mencionaron que es capaz de ocasionar gran marca sobre las aguas, territorios, plantas y animales por ello es que se concibe la proposición de un proyecto de procesamiento de dichos desechos por medio de neutralizar con cal los resultados que se dio aguas de calidad potable que han cumplido con los patrones nacionales de calidad ambiental de aguas (D. S. N° 002–2008-MINAM) llegando a alcanzar de manera eficaz remoción por encima del 90 %. La totalidad del estudio de tesis se realizó en el recinto de espectrometría y la escuela de minería y medio ambiente de la FIGMM - UNI. La tesis ha incluido también la descripción de las tipologías de esquema de las pozas para tratar los efluentes conforme a los rasgos del lugar, plano del lugar de disposición de los fangos efectos de la neutralización, como también la planificación de culminación de ello y el coste de las fases como un proyecto alternativo para el amaine de la problemática del ambiente. (8)

- Tesis de pregrado que lleva como título “*Evaluación de los parámetros operacionales de la planta de tratamiento de aguas residuales de la mina la arena - Huamachuco*”. Este estudio tuvo la finalidad de evaluar las medidas de operación de estudio de la calidad del agua de los efluentes de los PTARs, considerando primeramente los manuales de teoría primordiales que conciernen a sapiencias del medio ambiente en el trabajo minero, describiendo los procesos de tratamientos de los efluentes resultantes de los trabajos que se realizan en el yacimiento. En el periodo de junio a diciembre del año 2013 se logró evaluar los índices del agua de los residuos formados por el área administrativa y de proceso y se establecieron las sucesivos medidas físico químicas: temperatura media 15,51 °C (normatividad: N° 03 – 2010 – MINAM, < 35); pH 7,08 (normatividad: N° 03 – 2010 – MINAM, rango 6,5 – 8,5); sólidos totales en suspensión 37 mg/l (normatividad: N° 03 – 2010 – MINAM, < 150); demanda bioquímica de oxígeno 12,69 mg/l (normatividad: N° 03 – 2010 – MINAM, < 100); demanda química de oxígeno 78,18 mg/l (normatividad: N° 03 – 2010 – MINAM, < 200); aceites y grasas 3,53 mg/l (normatividad: N° 03 – 2010 – MINAM, < 20); y el parámetro microbiológico de coliformes fecales 7886,23 NMP/100mL (normatividad: N° 03 – 2010 – MINAM, < 10 000). Esto facilitó para que indiquen que los procedimientos de las PTARs son

eficaces, aprobando efectuar Ley General de Aguas; manejando una eficacia de 60,92% en el transcurso de substracción de demanda química de oxígeno. (9)

- Tesis de pregrado titulada “*Evaluación de recursos hídricos de las microcuencas Quebrada Minas y Ojos para el manejo de aguas*”. El tesista realizó la investigación en las micro cuencas mencionadas del pueblo de Llapa, provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca; en la micro cuenca Quebrada Minas, la cual se halla situada el C. P. Menor de Pampacuyoc - La Collpa; por otro lado, la micro cuenca Quebrada Ojos se encuentra ubicada el C. P. Menor de San Antonio de Ojos. Una y otra microcuenca son dominio directo del yacimiento SIPAN que ha laborado a partir de 1997 al 2003, terminándose sus almacenamientos y atravesando desde ese momento a su suspensión medioambiental. En las micro cuencas mencionadas se han encontrado la presencia de aguas ácidas, estas por sus particularidades físico químicas son de alto riesgo para la ingesta de las personas, animales y para regadío de terrenos. El yacimiento SIP AN posee planta de tratamientos de aguas ácidas que realiza el procedimiento por medio de método de neutralización, coagulación dinámica (NCD), las aguas ácidas son capturadas y después de ser tratado es enviada al campo en una buena condición que las leyes peruanas ordenan. La investigación está fundamentalmente encaminada a sacar ejemplares de agua de varios sitios como las emisiones, recintos de desemboque y piezómetros que hay en las micro cuencas para estudiar sus rasgos fisicoquímicos y confrontarlos con los estándares de calidad ambiental (ECA) clase tres. Se crea también una investigación geológica de la división, igualmente realizar una interpretación de la envergadura de tratamiento de la flora que tiene el yacimiento, originar una grafología hidrológica y cotejar si la flora positivamente posee resonancia de tratar el caudal de agua ácida formado en las micro cuencas; por último, plantear un bosquejo de divergencia de aguas de lluvias de aguas ácidas como también proporcionar unas recomendaciones. La investigación va a servir como primera base para futuras investigaciones al interior de las microcuencas. (10)
- Tesis de pregrado que lleva como título “*Sostenibilidad del servicio del agua potable y saneamiento de la comunidad de unión minas, distrito de Tambo La Mar*”

– *Ayacucho – 2016*”. En esta investigación se describe las particularidades del sostenimiento de la prestación del agua bebible y purificación del centro poblado de Unión Minas, distrito de El Tambo, provincia La Mar, departamento de Ayacucho; toda población administra y hace uso del agua conforme a su conveniencia social y cultural en correspondencia a su medio territorial. El objetivo se orienta a tener en conocimiento y detallar el valor y la práctica saludable que hay en la prestación del agua potable y saneamiento en el centro poblado de Unión Minas. Esta tesis tiene un método descriptivo y etnográfico, con un enfoque cualitativa-cuantitativa; cabe mencionar se ejecutó el estudio constatando directamente con la comunidad. Se observó internamente el entorno para lo cual se usó con mucha asiduidad la técnica de la observación directa; completando con encuestas a los actores implicados y relacionados con la problemática del estudio. Simultáneamente se usó fichas estadísticas como referencias para la investigación descriptiva. Los resultados y conclusiones se resumen en la narración, de los rasgos del sostenimiento de la prestación de agua potable y saneamiento apoyado en las cualidades, el valor y las habilidades sanas que cumplen los consumidores del agua potable del centro poblado de Unión Minas. (11)

- Tesis de pregrado titulada “*Tratamiento de las aguas ácidas de la mina San Cristóbal*”. En este trabajo se da una breve reseña de los estudios que se han realizado de este problema ambiental desde sus inicios con Centromín Perú S. A. hasta la actualidad con Volcán Compañía Minera S. A. A. También se da un resumen de las leyes que norman la preservación de la fauna y flora, así como también de los recursos acuáticos y del entorno de la zona. La mayor contaminación ambiental que se produce en la mina San Cristóbal es causada por el drenaje ácido de sus bocaminas, las cuales descargan sus aguas contaminadas directamente a los ríos Carahuacra y Yauli (principal tributario del río Mantaro). Estas aguas presentan una elevada cantidad de metales pesados y de aspecto ferroso y turbio por el alto contenido de sólidos en suspensión; lo cual hace que no existan flora y fauna acuática en estos ríos. En este trabajo se analizó el problema medioambiental que produce el drenaje ácido de mina (mina subterránea), mas no así los que se producen en superficie (botaderos de desmonte, cancha de relaves, tajos abiertos, etc.) Actualmente la mina San Cristóbal (ex. Centromín Perú S. A.) no realiza ningún tratamiento del derrame ácido y esto se debe a que en un

principio no se llegó a ningún acuerdo entre Centromín Perú S.A y Volcán Compañía Minera S. A. para realizar el tratamiento en forma conjunta, pero esto no se daba por que esta última deseaba realizar el tratamiento por separado. Esta situación pierde importancia en octubre de 1997 cuando se realiza la transferencia de la mina San Cristóbal a Volcán Compañía Minera S. A. (12)

- Tesis de pregrado titulada “*Tratamiento de agua en la mina Cobriza*”. La investigación se realizó en Lla U. P. Cobriza, ubicada en la región Huancavelica, en la cual se vienen descargando agua de mina al río Mantaro sin antes tratarlo. Esto ocasiona el incremento del nivel de contaminación del río en forma alarmante, puesto que esta agua de mina tiene un gran contenido de contaminantes. Esto afecto a las planta y animales de la zona hasta el año 2003, año en el cual se tomó medidas protectoras las cuales se expondrán en la investigación. El trabajo se centró en conseguir información de las particularidades contaminantes del agua de mina, esbozar las opciones de tratamiento y registro de los contaminantes del agua de mina a través de ensayos de sedimentación con la ayuda de polímeros floculantes a escala laboratorio y piloto para hallar el reactivo químico de mejor alcance. La investigación halló alto contenido de metales como plomo, zinc, cobre, hierro, arsénico, dentro del agua de mina de la U. P. Cobriza. En el nivel de concentración de sólidos se halló entre 901 y 3172 mg/l de sólidos totales en suspensión (TSS). Para disminuir el nivel alto de contaminación se realizó la prueba de floculación y sedimentación a escala laboratorio de lo cual el polímero aniónico PHP 50 resultó ser el más eficaz consiguiendo obtener la velocidad de sedimentación de 6.4 cm/min, dosificación de floculante de 0.5 g/m³ a una concentración de solución de 0.1 % y agua de mina tratada de baja turbiedad. Los planes de acción a escala piloto desarrollado en la poza de sedimentación del nivel 10 concibió un resultado positivo, lográndose 18 mg/l de TSS en el agua de mina tratada. Finalmente, entraron a funcionar dos pozas de sedimentación en el interior de la mina del Nivel 0 y quedo trabajando la poza de la bocamina del nivel 10. El caudal de tratamiento de la poza del nivel 10 fue de 77.5 m³/h y 421.2 m³/h en la poza del nivel 0. El resultado del método de trata de agua de mina del yacimiento Cobriza reportó 15 mg/l de TSS en el agua de mina tratada y arrojada al río Mantaro. Las partículas sólidas o lodo capturado en las pozas de sedimentación fueron dispuestas en las faenas interiores de la mina, descartando de esta forma

la posibilidad de contaminación en superficie por consecuencia de manipular, transportar y disposición final del lodo. Se concluyó que el sistema de tratamiento del agua de mina a nivel industrial pudo reducir y controlar la contaminación de agua de mina y también se encuentran cumpliendo con las políticas ambientales de la empresa. (13)

- Tesis de pregrado titulada “*La evaluación del agua en el proyecto minero Conga, Cajamarca 2010 y 2012*”. La investigación ha tenido como objetivo general establecer si la evaluación al agua que se realizaron en los años 2010 - 2012 cumple con conocer el impacto del proyecto minero Conga. El tipo de investigación según su finalidad fue sustantiva: de nivel descriptivo, de enfoque cuantitativo: de diseño no experimental. La población estaba conformada por el informe N° 1028-2010 - MEM-AAM/MLI/ CAG/CMC/ PRR/RST/WAL/JCV/RBC/RBG/MAA y el informe pericialmente del recurso acuático 2012. La técnica que se empleó para recabar datos ha sido la lista de cotejo. Para evaluar el agua se asumió como objetivo principal hallar los efectos en el proyecto minero Conga, Cajamarca 2010-2012. El trabajo de investigación llegó a la siguiente conclusión: la evaluación del agua no logra identificar en forma el impacto ambiental de la actividad minera y no autorizan su realización. (14)
- Tesis de pregrado que lleva como título “*Monitoreo ambiental de la planta chancadora Llaminyo – Imata*”. Los objetivos principales del monitoreo medioambiental es el de realizar la vigilia de la calidad del principal elemento ambiental como: el aire, agua, suelo y el ruido, creando información de confiabilidad, confrontable y distintiva, para su aplicación en las estrategias de la empresa para el resguardo de la salud de la comunidad. Desde octubre del 2007, la empresa concesionaria Vial del Sur S. A. COVISUR, tiene la concesión del Tramo 5 por 25 años y, su deber primordial es ofrecer al usuario el nivel de servicio de forma óptima y adecuada. Para tal caso, COVISUR deberá realizar labores periódicas de mantenimiento. Una labor principal que se hace para el mantenimiento, es el preparado de los materiales de mantenimiento a través de explotar las canteras y chancado; para lo cual, se promoverá operaciones como movimiento de tierras y material de cantera. El mantenimiento se realiza con el

empleo de maquinaria pesada, plantas de concreto y asfalto, la explotación de canteras y los métodos de transporte de carga y descarga de materiales, genera emisión de ruido de forma puntual y permanente, de forma ocasional derrames de hidrocarburos, y las emisiones de gases y materiales particulado que puede ocasionar disgustos a la comunidad que se encuentra cerca al lugar de ejecución, de la igual forma, el polvo a depositarse en el cuerpo de aguas superficial y el suelo que impacta de forma negativa en estos elementos medioambientales. Por esto, se hacen un monitoreo del ambiente de forma periódica en el lugar donde se trabaja, para tener conocimiento del valor de las importantes particularidades fisicoquímicas y biológicas del suelo, agua y aire del lugar y así establecer si exceden los límites máximos permitidos de acuerdo a las normas del país. El resultado del monitoreo indica que las medidas evaluadas se hallan por debajo del valor señalado en los patrones del país de calidad ambiental para agua, suelo, aire y ruido. (15)

2.2. Generalidades de la unidad minera

2.2.1. Ubicación y accesibilidad

Los trabajos del consorcio minero Casapalca S. A. se ubica en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, región Lima. Su geografía se delimita en la zona centro, flanco oeste de la cordillera occidental de los Andes, a una elevación aprox. de 4,400 m s. n. m.

Su coordenada geográfica: latitud sur: 11° 30" y latitud oeste: 76°10". Se encuentra el recinto Casapalca a los 4,350 m s. n. m. en la coordenada UTM, DATUM PSAD – 56, Zona 18.

Compañía minera Casapalca S. A. es un yacimiento polimetálico produce plata, plomo, cobre y zinc. El ingreso principal se llama Alex se delimita a los 4,200 m s. n. m.

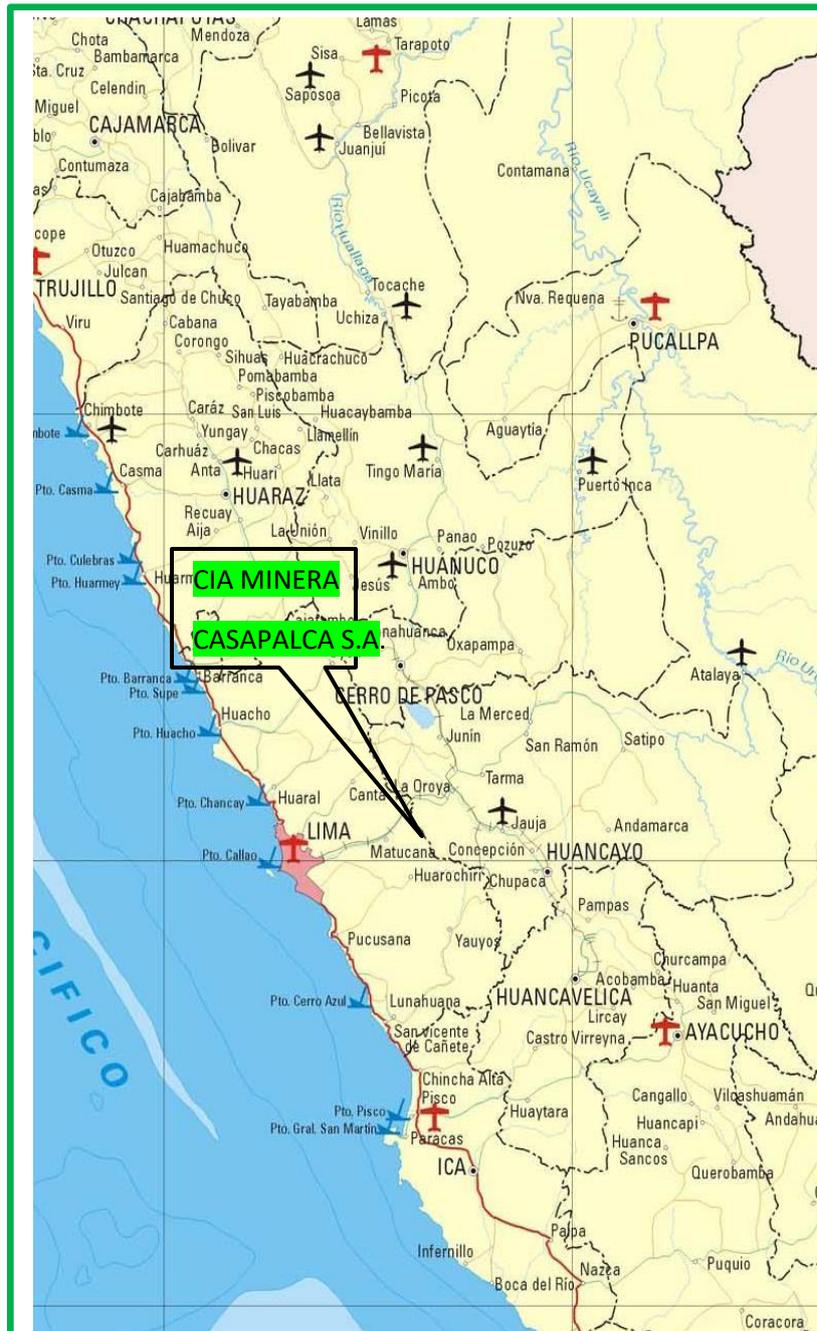


Figura 1. Imagen 1 - mapa de la ubicación de la estación 2210 Cía. minera Casapalca S. A.
Fuente: Google Maps 2019

2.2.2. Accesibilidad.

Los accesos principales de la compañía minera Casapalca S. A. se realizan según el siguiente itinerario, para ello se tuvo en cuenta la ruta, el kilometraje, el tiempo y las vías de acceso, como se hace mención en el siguiente cuadro:

Tabla 1. Ruta de acceso a la minera Casapalca

Rutas	km	Tiempo	Vías de acceso
Huancayo-La Oroya-Yauli-Mina Cía. minera Casapalca.	166	3h 20 min	Carretera central asfaltada,carretera afirmada hasta la mina.
Huancayo –La Oroya-Casapalca-El Carmen –Cia Minera Casapalca	208	5h 40 min	Carretera Central asfaltada y Carretera afirmada hasta la mina.
Lima – Chosica –Matucana - San Mateo –Chicla – Casapalca – El Carmen - Cia Minera Casapalca.	167	4h 50 min	Carretera Central asfaltada y Carretera afirmada hasta la mina.

2.3. Geología

2.3.1. Geología regional

La compañía minera Casapalca se halla situada en la cadena estratigráfica de la comunidad, viene compuesta por piedras lodosas y de volcán inter estratificadas, con periodos que oscilan desde el Cretáceo al Cuaternario. Sus ejes se ubican paralelos a la trayectoria usual del cinturón de volcán de la cordillera Occidental del ande, cuya orografía tiene grandes pendientes y erosiones escondidas, esculpido por la labor de la glaciación y la existencia de nevada constante en las alturas más altas.

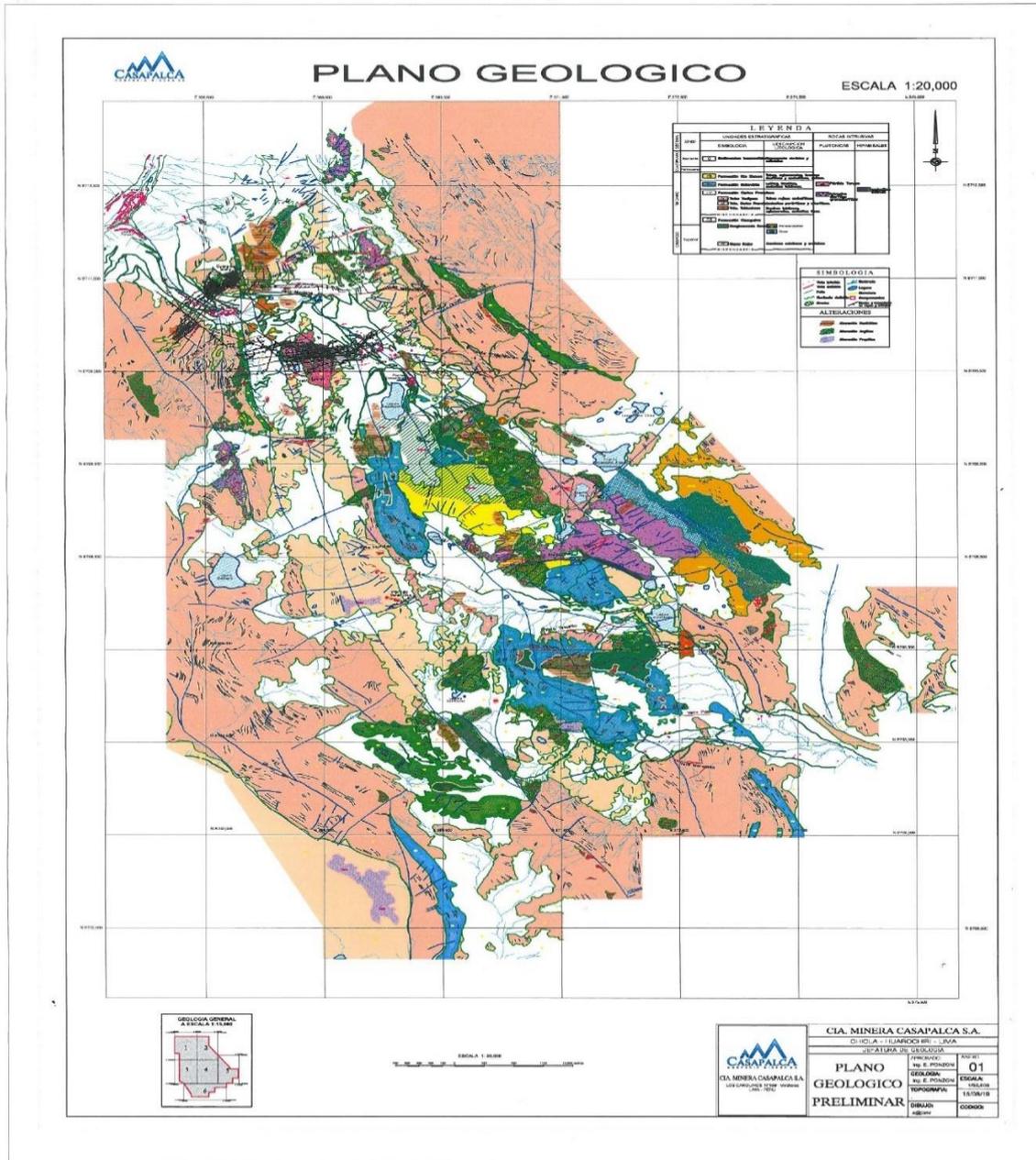


Figura 2. Mapa geológico de Cía. minera Casapalca
Fuente: Departamento de Geología 2019

2.3.2. Geología local.

Los peñascos que tienen las dos maneras de mineralización son conformadas por unas cadenas dobladas de precipitaciones cretáceas continentales, en los límites Este y Oeste del yacimiento, conocido como alineación Casapalca, con dos miembros litológicos: el miembro inferior “Capas rojas Casapalca”, desarrollado por arenosas, limonitas y lutitas rojas, con algún nivel de calcáreas blancuzcas y el miembro superior distinguido por conglomerado Carmen, desarrollado por arenosas

terrosas solidificadas de color rojo, de color blanquecinas por consecuencia de la variación hidrotermal, con escasos espacios cóncavos de conglomerados.

Las formaciones de estas aglomeraciones son de forma redondeada, de un volumen lo suficiente similar y conformado generalmente por metacuarcitas de partícula fina de la alineación *Goyllarizquisga*; y, en baja porción por cales de la alineación *Jumasha*, arenisca arcillosa perteneciente a los mantos rojos y, incluso más pequeña porción por *chert* que se presume sea inclusión de las calizas *Jumasha*. Es en este miembro donde se hallan emplazadas los cuerpos con minerales.

Es significativo manifestar que las vetas de los mantos rojizos conforman diminutas celadas sigmoides y fracturamiento colmado de minerales; y, en el aglutinado Carmen constituyen cuerpos de minerales repletando el seno de los aglomerados.

Levemente correlacionados, vemos las piedras de la hilera Carlos Francisco, formadas al suelo por el conglomerado Tablachaca con clásticos redondeadas de granos de cuarzo, volcán andesítico y poca cuantía de granos de cuarzo calcáreos. En el pináculo de la sucesión se pudo apreciar un conjunto de volcanes andinos e infracciones subvolcánicas que en conjunto emergen de la fracción centro y alta de Casapalca intrusiones dioríticas porfiríticas a granodioríticas hipabisales se muestran en la sección centro y noreste de las zonas de la veta se distinguen por pórfidos Taruca y Victoria. En estos subvolcánicos de la alineación Carlos Francisco e intrusivos se halla los minerales de vetas, en el que se presenta ensanchamiento y ramificaciones de minerales.

En el Sur, en el segmento superior y constituyendo fracción de un plegamiento, se presenta afloramiento de calcáreas negruzcas de la columna Bellavista. Dichas piedras igualmente se rompen de forma favorable para la alineación de vetas con mineralización económica.

2.3.3. Estratigrafía

La columna estratigráfica de la zona se forma preponderantemente por arenosas, lutitas calcáreas, cales, grietas, rocas volcánicas, tufos y baldeas, estas también pueden alcanzar un grosor cercano de 5,400 m.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	GROSOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos aluviales			Arenas, gravas y limos.	
		PLEISTOCENA	Depósitos glaciares			Morrenas	
	NEÓGENO	PLIOCENA	Grupo Ujape	Formación Malauala	50		Capas lacustrinas arenas y limos poco consolidadas.
			Formación Ushno	100		Conglomerados fluviales.	
			Formación Ingahuasi	50		Tobas blancas calcáreas. Disc. eros.	
			Formación Yanacancha	250		Lavas, brechas, conglomerados andesíticos.	
		MIOCENA	Formación Huarochiri	400		Tobas riolíticas y riodacíticas con intercalaciones de areniscas.	
	Formación Milotingo		400		Lava andesítica a dacítica, areniscas volcánicas		
	PALEÓGENO	OLIGOCENA	Formación Castrovireyna	150		Volcánico - sedimentario con intercalaciones de tobas.	
			Grupo Sacsaquero	2015		Tobas riolíticas soldadas, lavas y areniscas volcánicas	
		EOCENA	SUP.			Andesita / Riolita	
			MED.	Formación Tantarà	100		Derrames andesíticos a riodacíticos, gris verdoso.
	PALEOCENA				Disc. ang.		
	MESOZOICA	CRETÁCEO	SUPERIOR	Formación Casapaica	4000		Lutitas, areniscas, limolitas y conglomerados de color rojo.
				Formación Celendin	400		Dioritas.
Formación Jumasha				400		Calizas pardo amarillentas con margas calcáreas, yeso.	
INFERIOR			Formación Pariatambo	120		Calizas compactas en estratos gruesos a delgados.	
			Formación Chùlec	220		Calizas, lutitas de color negro fétido.	
			Formación Pariahuanca	260		Calizas gris pardo amarillentas y margas calcáreas.	
			Grupo Goyllansquiza	Formación Farrat	700		Calizas y margas calcáreas.
			Formación Carhuaz	450		Areniscas de grano medio blanco a gris rojo.	
JURÁSICO			MEDIA	Formación Chaucha	300		Areniscas con intercalaciones de lutitas violáceas.
				Formación Cercapuquio	322		Caliza gris y arcillitas abigarradas.
		INFERIOR	Grupo Pucara	Formación Condorsinga	1000		Caliza gris y arcillitas abigarradas.
			Formación Aramachay	400		Cuarcitas grises con intercalaciones de material bituminoso.	
			Formación Chamarà	300		Lodolitas y limolitas calcáreas, calizas y dolomitas.	
TRIÁSICO		SUPERIOR				Areniscas de grano fino a grueso color blanco a gris.	
PALEOZOICA		PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Mitu	1700		Calizas gris azulada con presencia de venillas de calcitas.
	INFERIOR		Grupo Copacabana	150		Intercalaciones de caliza con nódulos calcáreos y limoarcillitas carbonosas.	
	CARBONIFERO	SUPERIOR	Grupo Tarma	1300		Calizas micríticas con nódulos de chert.	
		INFERIOR	Grupo Ambo	900		Disc. ang.	
	DEVONIANO	SUPERIOR	Grupo Cabanillas	780		Secuencia rítmica molásica, conglomerados con clastos de volcánicos.	
		MEDIA				Intrusivos y brechas volcánicas.	
	INFERIOR				Areniscas, calizas y lutitas de color brunáceo.		
	SILURIANO ORDOVICIANO		Metasedimentitas no diferenciadas	700		Lutitas y limolitas grises con intercalaciones de areniscas	
						Monzogranitos, granitos.	
						Conglomerados, molasas rítmicas, areniscas feldespáticas.	
					Disc. ang.		
					Secuencias tipo flysh con areniscas, lutitas y pizarras		
					Disc. ang.		
					Filitas con escasas intercalaciones de cuarcita, negro grisáceas, basaltos, metaloba y mármoles.		

Figura 3. Columna estratigráfica

2.3.4. Actividades de la mina

La minera Casapalca es una cantera polimetálica del prototipo “Cordillerano” con minerales como plata, plomo, zinc y cobre, su minería suele cambiar por la zona vertical y horizontal.

Por la forma mesotermal de las vetas estos pueden ser de una enorme dimensión erguida que puede lograr bajo la cota 3 900 m s. n. m. Se sitúan en los pedruscos sedimentarios cuerpos con minerales en perfil bastante anómala, fruto de la sustitución del seno calcáreo por recursos hidro termales; y, con aspecto de modificación propiética y fosilización de muy trivial a normal.

Por la zona de la concesión de mina Casapalca se hallan varias protuberancias comenzando de escuetas grietas rellenos con carbonato (calcita), y terminando en vetas extensas repletadas con carbonatos, cuarzo y sulfuros.

Se hallan diferentes vetas de forma paralela teniendo principalmente estas:

- Veta Esperanza-Mariana-Mercedes.
- Veta Oroya principal (dos ramales).
- Ramal Norte, veta Oroya 1 u Oroya este (única veta)
- Ramal Sur, veta Oroya-americana-prolongación eloida.
- Veta Escondida, esta concierne a un Split de la veta Mariana.

Habiendo diferentes vetas no registradas su perfil monetario es pobre. Zona de cuerpos se encuentran los siguientes: Mery, Anita, Micaela, Emilia, Sorpresa, Vera, Mariana Techo, Negrita y Chiara.

En el área de vetas, el yacimiento Casapalca es productor de plata (tetrahedrita, freibergita), de plomo (galena), zinc (esfalerita), y cantidad bajo de cobre (calcopirita, bornita). Estos son los minerales de mina más abundante.

El mineral de poco valor está constituido especialmente por pirita, calcita, rodocrosita, rodonita y cuarzo.

En el área de cuerpos del yacimiento Casapalca se produce especialmente de zinc (marmatita y esfalerita); y, en menor proporción de plata, plomo y Cobre.

En interior de la propiedad de la compañía Casapalca suceden cuatro distribuciones mayores acompañadas de otras distribuciones menores que puede ser de importancia y requiere estudio geológico más minucioso para estudiarlas y así afirmar o hacer el descarte de lo importante de las otras distribuciones menores. En la actualidad, cuatro vetas son las más significativas de la minera Casapalca y son las que siguen:

- Mariana – Medes - Esperanza
- Oroya

La planta concentradora empieza el proceso con la fase de liberación, que se basa en conseguir átomos de dimensión apropiado en las zonas de chancado, tamizado y molienda, este descenso percibe pasar de 25 pulg. a 74 micrones, volumen frecuente del procedimiento para concentrar el mineral. (16)

La fase de separación radica en hacer selección de los trozos excelentes en condensado y relave, esta discriminación se desarrolla en cámaras de flotación, por medio de una flotación de selección, consiguiendo condensados de cobre, plomo y zinc; la fase de exclusión de agua radica en separar el sólido-líquido por medio de sedimentación y filtrada, prestando el traslado de los Concentrados. (16)

2.3.5. Clima de la zona

La compañía se encuentra en Huarochirí, en donde ese tiene el clima de estepa local. A lo largo del año hay escasa lluvia. La categorización del tiempo de Köppen-Geiger es BSk. En Huarochirí, la temperatura promedio en el año es de 9.6 °C. En un año, la precipitación promedio es 270 mm. (16)

2.4. Bases teóricas

2.4.1. Base necesaria microbiológica.

Para investigar la correlación que hay entre la calidad de agua, salud humana y salud medioambiental es fundamental empezar por la definición de microbiología y desde esto estimar la existencia de microorganismos en agua.

La microbiología es una subrama de la biología que investiga especímenes vivos de prominencia microscópica, cabalmente dos grupos procariotas y eucariotas. Las eucariotas representan el componente estructural de protozoarios, hongos y algas su dimensión las encierra en esta especialidad. Las eucariotas han constituido la unidad de la estructura de protozoarios, hongos y algas cuya dimensión las encierra en esta especialidad. Las células procariotas son las bacterias, su categorización interior es natural. De manera etimológica la definición procariota representa que no existe la membrana nuclear.

Las bacterias coliformes existen en el tracto de los intestinos de mamíferos y aves, y se determinan por su poder de transformar lactosa a 35 °C. Los géneros que integran este conjunto son *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter* y *Edwardsiella*. Estas han existido como saprofitas de manera independiente, o como microbio intestinal, exceptuando el género *Escherichia* siendo de origen solamente excrementicia. Lo cual ha pasado a distinguirlos entre coliformes totales (conjunto que contiene a la mayoría de coliformes de todos los orígenes) y coliformes fecales (expresión que distingue a los coliformes que tienen su aparición exclusivamente intestinal) con el trabajo de transformar lactosa también a 44,5 °C.

La presencia de un contaminante microbiológico de tiene origen fecal se circunscribe a la existencia de coliformes fecales, asimismo también la existencia de coliformes totales que crecen a 35 °C, nos manifiesta que hay contaminación, sin afirmar su origen.

Los microorganismos indicadores de contaminación deben realizar el cumplimiento de los sucesivos requerimientos: fácil de comunicar y desarrollarse en el laboratorio; ser relativamente inocuo para el ser humano y para los animales; y existencia en agua

con relación, cualitativamente y cuantitativa con la de diferentes microorganismos patógenos de reclusión más compleja. Las bacterias se dividen en tres grupos.

- Coliformes fecales: indica contaminación fecal.
- Aerobias mesófilas: establecen eficacia del tratamiento de aguas.
- Pseudomonas: manifiestan detrimento en la calidad del agua o una nueva contaminación.

En aspectos generales, el ambiente natural tiene un pH que comprende de 5 y 9, y gran parte de los microorganismos crece en el rango de estos valores. No obstante, unos han desarrollado rangos de pH inferior o superior a los mencionados. Conforme al porcentaje de pH en el que es factible su progreso, se les clasifican en 3 conjuntos, así como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 2. Tipos de microorganismos según rango de pH desarrollado

Tipos de microorganismos	Rango de pH	Ejemplos
ACIDÓFILOS	1-5,0	<i>Thiobacillus</i> (eubacterias) <i>Sulfolobus</i> (Archeas)
NEUTRÓFILOS	5,5-8,0	Mayoría de las bacterias
BASÓFILOS	8,5-11,5	<i>Bacillus alcalophilus</i>

Los microorganismos generalmente tienen módulos de medidas del pH citoplasmático, esto les ha permitido conservar sus valores invariables. El mantener un pH invariable en el citoplasma es de suma importancia para el sobrevivir de los microorganismos puesto que la acidificación o alcalinización de ello acarrea a la desnaturalización del componente vital de la célula (proteínas a pH bajo y ácidos nucleicos a pH elevado). Ésta es la secuela nociva directa del pH del ambiente.

2.4.2. Base necesaria para determinación de ICA

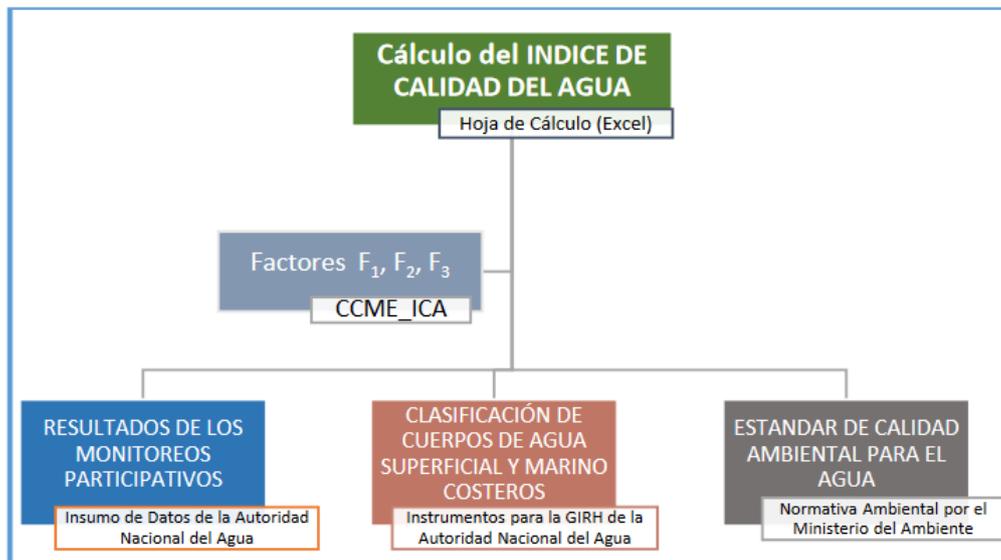


Figura 4. Cálculo del porcentaje de calidad de agua
Fuente: Adaptación de ANA, 2019

2.4.3. Calidad de Agua

“La calidad de cualquiera de las masas de agua, superficial o subterránea pende del factor natural como también de la labor del hombre. Sin intervención del hombre, la calidad del agua llegaría determinado por las erosiones de los substratos minerales, el proceso atmosférico de evapotranspiración y sedimentación del lodo y sal, la lixiviación nativa del material orgánico y los nutrimentos del suelo por el factor hidrológico, y el proceso biológico en el medio acuático que puede transformar la constitución físico y químico del elemento hidrobiológico”. (17)

Generalmente, la calidad del agua se ha determinado concertando los rasgos físicos y químicos de un prototipo de agua con las normas de calidad del agua o patrones. “En el tema del agua potable, estas políticas se han establecido para certificar un abastecimiento de agua limpia y clara para el sustento de las personas y, de esta forma, salvaguardar la salud de los consumidores. Estas políticas se apoyan habitualmente en el nivel de toxicidad científicamente aceptable tanto para el hombre como para los organismos acuáticos.” (18)

2.4.4. Evaluación de Calidad de Agua

Según al estudio de la información originaria del monitoreo de la calidad del cuerpo de agua frívola realizadas por la ANA, se han reconocido las medidas periódicas de valoración en relación con el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, como también el potencial cambio al recurso acuático y probable peligro a la buena salud y al medioambiente. Se pudo identificar las medidas para evaluar por cada ECA - Agua según la “Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales y Marino Costeros”, elegidos para evaluarlos en el estudio de los métodos ICA-PE. (4)

Tabla 3. Interpretación de la calificación ICA

CCME_WQI	Calificación	Interpretación
95- 100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
80- 94	Buena	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
65- 79	Favorable	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
45- 64	Regular	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Mucho de los usos necesitan tratamiento.
0- 44	Mala	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

Fuente: Interpretación de calificación ICA de ANA, 2009

F1- Alcance: simboliza el índice de parámetros de calidad que no ha cumplido el valor establecido de la norma, estándar de calidad ambientales para agua (ECA-Agua) actual, con referencia a la totalidad de medidas a evaluarse. (4)

$$F_1 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}}$$

F2- Frecuencia: simboliza la cantidad de data que no cumple las normas ambientales (ECA- Agua) con referencia al total de data del parámetro a valorar (data que conciernen al resultado de un mínimo de 4 monitoreos). (4)

$$F_2 = \frac{\text{Número de los parámetros que NO cumplen el ECA Agua de los Datos Evaluados}}{\text{Número Total de Datos Evaluados}}$$

F3- Amplitud: Es una disposición del desvío que hay en la data, determinado por el aumento normal de excedentes, cabe decir el exceso de todos la data con referencia al número total de la data. (ANA, 2009)

$$F_3 = \left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100$$

2.4.5. Bases Legales

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Ley N° 29338, Ley de Recursos del agua.
- D. L. N° 997, que instituye el entorno jurídico, espacio de competitividad, la función y la estructura interior del Ministerio de Agricultura, reformado por Ley N° 30048.
- D.S. N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, reformado por el D. S. N° 006-2017-AG.
- Métodos para determinar el Índice de calidad de agua de los recursos acuáticos superficiales del Perú ICA-PE.
- D. S. N° 006-2010-AG, ROF. de la autoridad nacional del agua.
- D. S. N° 006-2015-MINAGRI que certifica la política y estrategia nacional de recursos hídricos.
- D. S. N° 004-2017-MINAM, decreta el estándar de calidad ambiental para agua y establece disposiciones adicionales.
- D. S. N° 010-2010-MINAM, certifica límites mayores permitidos para descargar de derrames acuáticos de actividad minera – metalúrgica en que establecen:

Tabla 4. Parámetros máximos permitidos para el desfogue de residuos líquidos actividades mineros - metalúrgicos

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el Promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0,8
Arsénico Total	mg/L	0,1	0,08
Cadmio Total	mg/L	0,05	0,04
Cromo Hexavalente(*)	mg/L	0,1	0,08
Cobre Total	mg/L	0,5	0,4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,6
Plomo Total	mg/L	0,2	0,16
Mercurio Total	mg/L	0,002	0,0016
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2

(*) En muestra no filtrado

El valor indicado en la celda (límite en cualquier momento) es aplicable a todas las muestras recolectadas por el trabajador de mina, la entidad que fiscaliza o la autoridad quien le compete, perennemente que la muestra y examen han sido ejecutados de aprobación del protocolo de monitoreo de aguas y efluentes del Ministerio de Energía y Minas; en el reglamento se van establecer entre otros semblantes, los noveles de rigor, precisión y límite para detectar la técnica manejada.

El valor indicado en la celda “promedio anual” se aplica la media aritmética de todos los muestreos colectados en el lapso del penúltimo año calendario previa al tiempo de referencia, incluye la muestra recolectada por el titulado minero y entidad fiscalizadora siempre que ellas han sido recolectados y analizados de acuerdo con las normas de supervisión de aguas y efluentes del Ministerio de Energía y Minas.

- Res. Jefatural N° 202-2010-ANA, Categorización de Cuerpos de Agua Superficiales y Marino Costeros.
- Res. Jefatural N° 010-2016-ANA, Regla Nacional para el Monitoreo de la Calidad del Agua Superficial.
- Res. Jefatural N° 030-2016-ANA, Categorización de Cuerpos de Agua Marino Costeros.

- Res. Jefatural N° 042-2016-ANA, consiente en la Estrategia Nacional para la Mejora de la Calidad de los Recursos Hídricos.
- Resolución N° 011 – 96 - EM - VMM del 10 de enero de 1996, certifica el nivel máximo permisible para efluentes líquidos mineros metalúrgicos; allí se menciona que:

Artículo 2: el nivel máximo permisible al cual se sujetan las unidades minera-metalúrgica distinguidas en el **anexo 1**. La unidad minera en ejercicio y otras que inician sus trabajos conseguirán basarse en lo escrito en el **anexo 2** pudiendo seguir lo determinado en el D. S. N° 016 – 93 - EM. Dichos anexos constituyen un fragmento de la presente resolución ministerial.

Artículo 3: el valor establecido en el **anexo 2**, se van a ajustar paulatinamente hasta alcanzar el nivel máximo permisibles (**anexo1**) – es una etapa menor de diez años desde el empuce de la expedición en vigor de la actual Resolución Ministerial.

Artículo 4: el resultado analítico obtenido para cada parámetro regularizado desde la muestra extraída del efluente minera – metalúrgica, no sobrepasarán de ninguna forma el nivel establecido en la columna “valor en cualquier momento”, del anexo uno y dos como concierne.

Artículo 5: la concentración media anual para cada parámetro regulada no sobrepasará el nivel establecido en la columna ‘valor promedio anual’ en el **anexo 1** o **2** como amerita.

Tabla 5. Niveles máximos permitidos de emisión para las unidades mineras metalúrgicas

PARAMETRO	VALOR EN CUALQUIER MOMENTO	VALOR PROMEDIO ANUAL
pH	Mayor que 6 y Menor 9	Mayor que 6 y Menor que 9
Sólidos suspendidos (mg/l)	50	25
Plomo (mg/l)	0.4	0.2
Cobre (mg/l)	1.0	0.3
Zinc (mg/l)	3.0	1.0
Fierro (mg/l)	2.0	1.0
Arsénico (mg/l)	1.0	0.5
Cianuro total (mg/l)*	1.0	1.0

Tabla 6. Valor máximo de emisión para las unidades mineras en operación que reanudan trabajos

PARAMETRO	VALOR EN CUALQUIER MOMENTO	VALOR PROMEDIO ANUAL
pH	Mayor que 5.5 y Menor que 10.5	Mayor que 5.5 y Menor que 10.5
Sólidos suspendidos (mg/l)	100	50
Plomo (mg/l)	1	0.5

Artículo 11: la asiduidad de análisis químico del efluente minero metalúrgicas / se mandará por lo determinado en el Anexo 5 (frecuencia de análisis químico) que es un fragmento de la presente resolución.

Tabla 7. Frecuencia de análisis químico

PARAMETRO	Efluente Mayor que 300 m3/día	Efluente De 50 a 300 m3/día	Efluente Menores 50 m3/día
pH	Semanal	Trimestral	Semestral
Sólidos Suspendidos	Semanal	Trimestral	Semestral
Pb, Cu, Zn, Fe, As	Mensual	Trimestral	Semestral
CN Total	Quincenal	Trimestral	Semestral

2.5. Definición de términos básicos

- Oxígeno disuelto: es una medida trascendental para justipreciar la calidad del agua superficial, su existencia en el agua se origina por la contribución del gas atmosférico y de la acción biológica (fotosíntesis) en el cuerpo de agua. (19)
- El oxígeno disuelto, es un parámetro del ambiente importante, puesto que su evaluación accede comunicar y/o destellar la capacidad rescatadora de una trayectoria de agua y el sostenimiento de la vida acuática. (20)
- Clorofila A: la clorofila es una medida medioambiental para establecer la materia de los fitoplanctones. Toda la flora verde contiene clorofila A, que simboliza alrededor del uno al dos por ciento de todo el volumen total de las algas del plancton. (Jee, 2017)
- Demanda química de oxígeno (DQO): es usado como un rango del oxígeno que equivale el relleno de materia orgánica.

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): es una compostura concerniente como contribución de la materia orgánica, calcula el importe de oxígeno requerido por los micro organismos para corroer, degradar o mantener estabilizado la materia orgánica en contextos aeróbicos, determina basándose en la oxidación natural de degradación.” (Weiss, 2012)
- Así también, como referencia se pueden indicar que “en la monitorización de calidad del agua de las vertientes hidrográficos del Perú, se ha hallado existencia de esta medida sus agrupaciones exceden los ECA- Agua”. (21)
- Coliformes termotolerantes (fecales): la existencia de esta medida en el cuerpo de agua superficial es debido a la polución fecal, siendo su fuente de desarrollo puede ser por los desparrames hogareños sin tratar a los cuerpos recibidores (riachuelos, mostes) y otro de los constituyentes, es por la inoportuna colocación de despojos compactos que se colocan en los arroyos de los riachuelos. (8)
- Huevos y larvas de helmintos: los vermes se refieren a cada uno de los especímenes de sanguijuelas, como los parasíticos y los no parasíticos. Los helmintos parásitos pueden infectar al hombre y también al animal. La bacteria está ligado a las aguas residuales de los domicilios sin tratar, el camino para infectar es por la ingesta de agua contaminados. (7)
- Arsénico: metal pesado con veneno y mucha toxicidad, en agua natural se muestra como arseniato (AsO_4^{3-}) y arsenito (AsO_2^-); su existencia puede ser origen de relaves de las industrias o cuando se están usando insecticidas.
- Mercurio: su existencia en las aguas se origina especialmente a los trabajos de antropoides (minería, etc.), salvo en algunas zonas que por su propio medio se hallan derrames de este mineral. De forma general es un componente que no se halla fácilmente en el medioambiente (corteza terrestre). (13)

- Plomo: el plomo es un componente comparativamente de menos grado en el medioambiente, pero se distribuye en forma abundante en mínimas concentraciones en rocas sedimentarias y suelos que no tienen contaminación. (15)
- Cadmio: se halla en el medioambiente en forma de sulfuro y a modo contaminante de mineral de zinc y plomo. Su existencia en el agua se origina a los trabajos mineros de fundición. (22)
- Cromo: el cromo se concentra en el cuerpo natural de agua generalmente es muy diminuta. Las actividades mineras y el proceso industrial pueden causar alta concentración de este componente. Es un metal de alta toxicidad para la salud del hombre. (5)
- Cobre: es un componente traza bastante encontrado en las depresiones hidrográficas, pero la mayor parte de los minerales de cobre son básicamente abstrusos y a que el cobre es impregnado en etapa sólido, únicamente se hallan en poca concentración en las aguas nativas. Por la existencia de sulfuros, el cobre podría ser aún menos soluble en medios ambientales anóxicos. La existencia de más grandes concentraciones en agua natural superficial se puede atribuir a los desechos de las industrias y/o trabajos de las minas. (7)
- Zinc: este es el componente que predomina en las piedras y minerales. No obstante, su existencia en las aguas nativas es en pocas concentraciones por la carencia de solubilidad del metal. Se encuentra en cuantías trazas en cerca de varias de las aguas de alcalinos superficiales, no obstante, se engrandece las concentraciones en aguas enmohecidas. (20)
- Hierro: es un componente que se encuentra en grandes cantidades en el medio ambiente, no obstante, generalmente, se procura en poco número en los sistemas

de agua natural. El tamaño y por ser soluble el hierro en las aguas nativas desciende en mucha forma del pH y el potente redox del agua. El hierro se encuentra en etapa de corrosión +2 y +3. Su escogimiento es para conceptualizar que su existencia en las aguas nativas se suscita a la aportación de su propia naturaleza de la zona. (10)

- Manganeseo: es el metal que se encuentra en las piedras y tierra, donde se encuentra como óxidos e hidróxidos. Su valoración es de sumamente importante para vigilar la concentración de diferentes metales trazas que hay en los cuerpos de agua nativa. Su selección de la medida es para demostrar que su existencia es puramente nativa. (23)
- Aluminio: este elemento es uno de los que más predomina en los suelos, no obstante, su existencia en las aguas naturales es mínima. Puesto que el aluminio se encuentra en muchos pedruscos, minerales y arenas, existe en muchas de las aguas superficiales, empero sus concentraciones en las aguas con un pH próximo a nativa difícilmente pueden superar unas escasas décimas a 1mg/l. (5)
- Boro: este es un componente que se halla en las aguas oriundas por 2 factores, a la contribución de la mineralografía natural y/o a los derrames de desechos de aguas residual tratada y no tratada. La existencia de este componente en el agua posee una secuela nociva en algunos productos agrarios, donde se incluye los cítricos. Además, para aguas destinadas para la ingesta de las comunidades cercanas a esta. (Parra, y otros, 2017)
- pH: el pH en las cavidades hidrográficas en el que filtran aguas oriundas sin labor antropomórficas, de esta manera se puede determinar por la geografía de la cuenca y se gobierna por las proporciones dióxido de carbono – bicarbonato - carbonato. El pH en la mayor parte de las aguas oscila de 6,4 a 8,4 (turbidez y ventilación). (21)

- Sólidos suspendidos totales: su existencia en los cuerpos de agua oriunda tiene relación con los elementos temporales y sistemas de caudal y es efecto por los aguaceros”. “Sus concentraciones varían de una zona a otra zona, depende de la hidrodinámica del arroyo, la tierra, el revestimiento vegetal, el lecho, las piedras y labores antrópicas como el cultivo de tierras, la minería, etc. la valoración en la calidad del agua es de gran valor, debido a que afectan la pureza del agua y el pase de la iluminación, temperatura y el desarrollo de la fotosíntesis. (3)
- Fósforo: este entra a las aguas superficiales por los reboses de saneamiento, es el 2º vital nutrimento y tiene la responsabilidad de nutrir de sustancias los cuerpos de agua superficial. (23)
- Amoníaco: se hace por desanimo de elementos orgánicos de nitrógeno y por hidrólisis de la urea. Es de fácil captación por los vegetales y también apoya a la producción biológica, con el arribo de oxígeno realiza la oxidación de nitritos y nitratos (nitrificación). En circunstancias anaeróbicas, el nitrógeno orgánico se transforma en amoníaco ionizado (NH_4^{+1}) y no ionizado (NH_3). El amoníaco no ionizado es venenoso para los pescados en una concentración relativamente baja. No obstante, se encuentra en proporción con el ion NH_4^{+1} con menor toxicidad y para el pH y temperatura de la más grande fracción de las aguas naturales, sus concentraciones relativas son demasiadas bajas”. (Rodríguez, 2013)
- Nitrógeno total: su investigación es de gran índole por medio de los métodos vitales como sustentos para la flora, su contribución a las aguas naturales superficiales es debido a las aguas de residuos domésticos sin tratar. Asimismo, los derrames con mucho nitrógeno podrían ocasionar complicaciones de incremento de sustancias nutritivas y de nitrificación, con la constante aglomeración de nitratos y peligros de contaminantes para los usufructuarios que toman esas aguas. Además, es uno de los componentes fundamentales para el desarrollo de las plantas acuáticas y, además de eso, provoca una petitoria de oxígeno pues soporta la oxidación de los microorganismos que son nitrificante, menguando el nivel de oxígeno diluido. (15)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método

El presente estudio se desarrolla utilizando el método científico, enfocando desde el punto de vista cualitativa y cuantitativa que determinará la investigación sobre la calidad de agua. (20)

3.1.2. Alcance:

La investigación puede replicarse, tanto como en otras empresas mineras y con características similares; siendo esta investigación un aporte para poder difundir la evaluación objetiva de la calidad de agua de mina.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño para utilizar es el descriptivo-experimental (24) que consiente evaluar el tratamiento de agua de mina determinando si los parámetros aplicados en compañía minera Casapalca S. A. tienen relación con las mediciones de calidad de agua.

3.3. Tipo y nivel de la investigación

También se considera la investigación de tipo básica, ya que se incide en la compilación de conocimientos científicos comprobados en campo, para resolver describir en forma objetiva un fenómeno. (24)

El nivel de investigación es descriptivo, la investigación descriptiva desarrolla la descripción de datos y rasgos de una comunidad. El objetivo es adquirir los datos objetivos, exactos y metódicos que pueden utilizarse en promedio, frecuencia y cálculo estadístico similares. (25)

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Está dado por todas las estaciones de compañía minera Casapalca S. A., en el 2019.

3.4.2. Muestra

La muestra será la estación 2210 de compañía minera Casapalca S. A. en el 2019. La metodología adquirida, se aplica en las subsiguientes cuestiones, donde lo primordial es tener la data del monitoreo para evaluar y exhibir los ICAs de un lugar o cuerpo de agua, con los valores de: (un monitoreo) todos los monitoreos, (dos monitoreos) monitoreo en época seca, (tres monitoreos) en épocas húmedas. Siendo la época húmeda a finales de octubre y comienzos de noviembre, se hicieron tres monitoreos con tres muestras en cada monitoreo, el cual hace un total de nueve muestras.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnica

La Autoridad Nacional del Agua, presentó el 2018 el ICA-PE que es “un instrumento que tuvo como finalidad transcendental la valoración de forma simple el estado de la calidad del agua, y que favorecerá con una excelente presentación y a la gestión de calidad de los recursos acuáticos. El ámbito de esta metodología es de desarrollo único y forzoso para la Autoridad Nacional del Agua y sus organismos descentralizados y además se usa como referencia en el contorno de la nación para los organismos públicos, privados y la colectividad civil con vinculo de la calidad del recurso hídrico”. (20)

- 1ra etapa: se pudo recolectar tres muestras en el afluente más cerca del agua de mina de los drenajes.

- 2da etapa: se logró recolectar tres muestras en el afluente más apartado (antes que otro afluente u origen de contaminación este próxima a la corriente), para retirarse la muestra de forma objetiva.
- 3ra etapa: se procedió al análisis fisicoquímico y microbiológico de las muestras.
- 4ta etapa: se tabuló los resultados con el paquete estadístico SPSS 21, versión en español.
- 5ta. etapa: se procedió a la comprobación de hipótesis por métodos cuantitativos.
- 6ta Etapa: Se concluyó la investigación referenciando las pruebas estadísticas.

3.5.2. Instrumentos

Para el análisis de la información, se solicitará a tres expertos en el tema para validar el método para la recolección de muestras; en cuanto a la confiabilidad se realizó una medición piloto con el método ICA- PE y se medirá la consistencia interna mediante alfa de Cronbach.

3.5.3. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Para la validez y confiabilidad estadística del instrumento se estableció utilizar el coeficiente alfa de Crombach para las variables en general. (26)

La validez del instrumento se pudo determinar por medio del juicio de conocedores, se va a contar con la intervención de profesional experto en el área, con grado de doctor, magísteres y licenciados.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Seguidamente, se muestra el resultado de la aplicación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú (ICA-PE), a modo de guía que simboliza la situación de la calidad del agua en los cuerpos naturales de agua, en sentido conciso, en cuanto a las mediciones fueron realizadas en forma longitudinal durante (2019), dependiendo del acceso a laboratorio y recursos materiales, humanos, así como viabilidad para la toma de muestras (vías y caminos disponibles).

Se tomaron tres puntos de medición, y en cada punto de medición se realizó tres tomas de muestras. La metodología que se usó, se aplicó en los subsiguientes casos, en ellos fue primordial poseer la data del monitoreo para cuantificar y mostrar los ICA's de una zona o cuerpo de agua, con la información de: (1) Todos los monitoreos, (2) Monitoreos en época seca, (3) Monitoreos en época húmeda; siendo la época húmeda a fines de octubre e inicios de noviembre, en esta se tomaron tres monitoreos con tres muestras en cada una, haciendo un total de nueve muestras.

4.1. Resultados de los puntos de monitoreo

Tabla 8. Punto de monitoreo 1

Parámetros	Unidad	Parámetros ICA	Punto de monitoreo		
			Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
pH		6.5 – 9.0	9.4	8.51	9.24
Oxígeno disuelto	mg/l	5	7.1	6.42	4.76
DBO	mg/l	5	NR	2	2
Fósforo total	mg/l	0.035	0.6	NR	0.035
Arsénico	mg/l	0.15	0.006	0.001	0.002
Cobre	mg/l	0.1	0.007	0.0004	0.0008
Mercurio	mg/l	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Plomo	mg/l	0.0025	0.0049	0.0004	0.0004
Zinc total	mg/l	0.12	0.044	0.005	0.003
Coliformes term. (44.5 °C)	NMP/100 ml	1000	1.8	7.8	2
Calificación del ICA					
de 80 a 100	Buena				
de 65 a 79	Regular				
de 45 a 64	Marginal				
de 0 a 43	Pobre				

Como se puede observar en la ilustración sobre el punto 1: en cuanto al pH, en el punto 1, muestra 1 y muestra 2 tienen un pH fuera del rango aceptable. Acerca del oxígeno disuelto 1 de las muestras está por debajo del valor permitido. Respecto al DBO 1 muestra no se pudo determinar; debido a que, tuvo un valor no determinado. Sobre el fósforo total una de las muestras no se pudo determinar y un valor estuvo por encima del valor permitido. En cuanto a la presencia de arsénico los valores de las 3 muestras están dentro de los permitidos. Referente a la presencia de mercurio las 3 muestras se encuentran en valores permitidos. Por lo que toca a la presencia de plomo 1 de 3 muestras se encuentra con un valor mayor al permitido. En sobre la presencia de zinc, las 3 muestras se encuentran en el valor permitido. Finalmente, en cuanto a la presencia de coliformes (44.5°C) se encuentra dentro de los valores permitidos.

Tabla 9. Punto de monitoreo 2

Parámetros	Unidad	Parámetros ICA	Punto de monitoreo		
			Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
pH		6.5 – 9.0	9.5	9.5	9.5
Oxígeno disuelto	mg/l	5	8.79	8.79	8.79
DBO	mg/l	5	3	3	3
Fósforo total	mg/l	0.035	0.03	0.03	0.03
Arsénico	mg/l	0.15	0.007	0.007	0.007
Cobre	mg/l	0.1	0.002	0.002	0.002
Mercurio	mg/l	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Plomo	mg/l	0.0025	0.001	0.001	0.001
Zinc total	mg/l	0.12	0.007	0.007	0.007
Coliformes term. (44.5 °C)	NMP/100 ml	1000	1.8	1.8	1.8
Calificación del ICA					
de 80 a 100	Buena				
de 65 a 79	Regular				
de 45 a 64	Marginal				
de 0 a 43	Pobre				

Como se puede observar en la ilustración sobre el punto 1, en cuanto al pH, en el punto 1, las 3 muestras tienen un pH fuera del rango aceptable. Con respecto al oxígeno disuelto las 3 muestras está por encima del valor permitido. Sobre el DBO las 3 muestras están por debajo del valor permitido. En lo que respecta al fósforo as 3 muestras se encuentran en el valor permitido. Referente a la presencia de arsénico los valores de las 3 muestras están dentro de los permitido. En cuanto a la presencia de mercurio las 3 muestras se encuentran en valores permitidos. Por lo que toca a la presencia de plomo se encuentran en el valor permitido. Sobre la presencia de zinc, las 3 muestras se encuentran en el valor permitido. Finalmente, en cuanto a la presencia de coliformes (44.5°C) se encuentra dentro de los valores permitidos.

Tabla 10. Punto de monitoreo 3

Parámetros	Unidad	Parámetros ICA	Punto de monitoreo		
			Muestra 7	Muestra 8	Muestra 9
pH		6.5 – 9.0	9.6	9.6	9.6
Oxígeno disuelto	mg/l	5	6.8	6.8	6.8
DBO	mg/l	5	2	2	2
Fósforo total	mg/l	0.035	0.8	0.8	0.8
Arsénico	mg/l	0.15	0.00228	0.00228	0.00228
Cobre	mg/l	0.1	0.00003	0.00003	0.00003
Mercurio	mg/l	0.0001	0.00001	0.00001	0.00001
Plomo	mg/l	0.0025	0.0004	0.0004	0.0004
Zinc total	mg/l	0.12	0.001	0.001	0.001
Coliformes term. (44.5 °C)	NMP/100 ml	1000	1.8	1.8	1.8
Calificación del ICA					
de 80 a 100	Buena				
de 65 a 79	Regular				
de 45 a 64	Marginal				
de 0 a 43	Pobre				

Como se puede observar en la ilustración sobre el punto 3, en cuanto al pH, en las 3 muestras están por encima de lo permitido. Con respecto al oxígeno las 3 muestras están en el valor permitido. Sobre el DBO las 3 muestras están por debajo del valor permitido. Con relación al fósforo as 3 muestras se encuentran en el valor permitido. En cuanto a la presencia de arsénico los valores de las 3 muestras están dentro de los permitido. En consideración a la presencia de mercurio las 3 muestras se encuentran en valores permitidos. Sobre la presencia de plomo se encuentran en el valor permitido. En relación a la presencia de zinc, las 3 muestras se encuentran en el valor permitido. Finalmente, en cuanto a la presencia de coliformes (44.5°C) se encuentra dentro de los valores permitidos.

4.2. Cálculo del alcance, frecuencia y amplitud

Tabla 11. Cálculo del alcance, frecuencia y amplitud

Alcance		Frecuencia		Amplitud	
F1	50.0000	F2	13.95	F3	5.7606
Nº de variables fallidas	5	Nº de Testeos Fallidos	12		
Nº Total de Variables	10	Nº Total de Testeos	90		
F al cuadrado	2500.0000	F al cuadrado	194.70	F al cuadrado	33.1843

	Sumatoria	Raíz	Calificación del ICA	
CCMEWQI*	69.95		de 65 a 79	Regular

Tomado de CCME's Sediment Quality Index (SeQI), Soil Quality Index (SoQI) and Water Quality Index (WQI) / Traducción: CCME Índice de calidad de sedimentos (SeQI), Índice de calidad del suelo (SoQI) e Índice de calidad del agua (WQI)

Teniendo 3 puntos de medición con 3 muestras y considerando 10 variables se tienen 90 datos, de los cuales 5 resultaron fallidos en los análisis, se realizaron los cálculos del alcance (2500.00), la frecuencia (194.70) y la amplitud (33.1843), teniendo un valor según ICA de 69.95 según las tablas de identificación e interpretación se tiene una calidad de agua de mina regular.

4.3. Discusión de resultados

Como resultado principal se tiene que la calidad del agua de mina en los drenajes efluentes de la estación 2210 compañía minera Casapalca S. A. resultó regular con 69.95 de valor operando tanto los resultados fisicoquímicos y microbiológicos; se consideran estos valores fuera de la norma. Cabe resaltar que las muestras fueron recogidas en inmediaciones de la fuente principal alrededor de 150 metros, lo cual no dio tiempo de precipitación de los metales, y el día de la medición había precipitaciones lo cual incrementa la turbidez.; se debe considerar este factor para futuros estudios, ya que los resultados podrían variar si la distancia de medición aumenta.

La calidad fisicoquímica del agua de mina en los drenajes efluentes de la estación 2210 compañía minera Casapalca S. A. es de pobre a marginal con valores entre 69.95.; se puede decir que esta fuera de la norma. A pesar de este resultado global, se tuvo que el metal más nocivo que es el mercurio se encontraba en niveles adecuados en todas las mediciones.

La calidad microbiológica del agua de mina, en los drenajes efluentes de la estación 2210 compañía minera Casapalca S. A., no está fuera de la norma sus valores están dentro de los parámetros. Sin embargo, cabe resaltar que las condiciones microbiológicas dependen del PH, cantidad de oxígeno disuelto, las condiciones fueron favorables y muestran coherencia con el resultado general.

CONCLUSIONES

1. El análisis fisicoquímico y microbiológico sí permitió la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S.A; se tiene como resultado final que, la calidad del agua de mina resulto con un valor de 69.95, operando tanto los resultados fisicoquímicos y microbiológicos; se consideran estos valores dentro de la norma; se puede considerar que la calidad del agua es Regular por lo tanto es, frecuentemente amenazada o perjudicada y a menudo se aparta de las condiciones físicas o niveles de los parámetros establecidos.
2. El análisis fisicoquímico sí permite la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 teniendo en cuenta los parámetros de ICA-PE y obteniendo como resultado que la calidad de agua es regular de drenajes efluentes de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S.A.
3. El análisis Microbiológico sí permitió la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210, teniendo en cuenta los parámetros de ICA-PE y obteniendo como resultado que la calidad microbiológica del agua no está fuera de la norma sus valores están dentro de los parámetros de drenajes efluentes de la Estación 2210 compañía minera Casapalca S.A.
4. En cuanto al análisis microbiológico de acuerdo con los resultados se resalta que en las muestras de los tres monitoreos el pH se encuentra muy por encima de los valores permitidos, pesar de esto, realizando el cálculo del alcance, frecuencia y amplitud concluimos que la calidad microbiológica del agua no está fuera de la norma, sus valores están dentro de los parámetros ICA.
5. Así también, se concluye que la metodología adoptada, para el cálculo y presentación de los análisis de una zona o cuerpo de agua, con la información de: (1) Todos los monitoreos, (2) Monitoreos en época Seca, (3) Monitoreos en época Húmeda; siendo la última a fines de octubre e inicios de noviembre, se tomaron 3

monitoreos con 3 -muestras en cada monitoreo, haciendo un total de 9 muestras, los cuales ayudaron para obtener resultados más exactos sobre la calidad de agua de acuerdo a los parámetros ICA..

6. Finalmente, el presente estudio tuvo 3 puntos de medición con 3 muestras y considerando 10 variables se tuvieron 90 datos, de las cuales 5 resultaron fallidas en los análisis, se realizaron los cálculos del alcance (2500.00), la frecuencia (194.70) y la amplitud (33.1843), teniendo un valor según Ica de 69.95 según las tablas de identificación e interpretación se tiene una calidad de agua de mina REGULAR.

RECOMENDACIONES

1. Definitivamente la calidad del agua de mina debe mejorar respecto al tratamiento antes de ser liberado en a los afluentes, también debe ser evaluado por el área de control correspondiente.
2. La calidad fisicoquímica del agua puede mejorar mediante el uso de coagulantes, que ayuden a precipitar los metales pesados, en su defecto se pueden usar alternativas como implementación y/o ampliación de unas pozas de tratamiento con métodos biológicos, enzimas, bacterias, plantas, etc.
3. La calidad microbiológica del agua no está fuera de la norma, sus valores están dentro de los parámetros, sin embargo, puede mejorar con la implementación de un proyecto de reforestación ribereña, incrementando la biología de la zona lo cual ayudaría a la recuperación y mantención de especies endémicas.
4. Cumplir con una programación de limpieza de cunetas en interior mina para que el agua de mina llegue a la planta de neutralización con pocos sedimentos.
5. Se sugiere a la Autoridad Nacional del Agua contar con equipos interdisciplinarios para ver en todas las unidades mineras en nuestro país, si la calidad de agua de los drenajes efluentes de mina cumplen con los Parámetros ICA-PE.
6. Las empresas mineras deberían tomar conciencia y cumplir con los parámetros ICA-PE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LILLORAMOS, F. Obra civil y agua subterránea: valoración de impactos. *Dialnet* [En línea] 2005. [Fecha de consulta: 29 de enero de 2019.] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1705455>.
2. SALAZAR NIÑO, F. OEFA: De la responsabilidad ambiental, el daño ambiental y otros criterios al momento de resolver procedimientos administrativos sancionadores. *Repositorio USMP* [En línea] 2016. [Fecha de consulta: 6 de abril de 2019.] Disponible en:
3. CARRANZA ESTELA, F. 2017. *Evaluación de la calidad de aguas y efluentes líquidos, minero-metalúrgicos, en minas de Arcata*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima : Universidad Nacional Federico Villarreal, 2017.
4. ANA. *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú (ICA-PE)*. [En línea] Lima : Minagri, 2009. [Fecha de consulta: 28 de enero de 2019.] Disponible en: http://observatoriochirilu.ana.gob.pe/sites/default/files/Archivos/propuesta_metodologia_ica-pe.pdf:
5. ROMERO RÍOS, D. *Gestión social en el plan de cierre de minas U.E.A. Americana Cía. Minera Casapalca S. A. Huarochirí – Lima, como estrategia para el desarrollo sostenible*. Tesis (Doctor en Medio ambiente y desarrollo sostenible). Lima : Universidad Nacional Federico Villarreal, 2017, 135 pp.
6. TEJADA MAYTA, R. *Tratamiento y sedimentación de la turbidez con cal en las aguas residuales de los relaves mineros de la Unidad Operativa Minera Santiago - B*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2017, 122 pp.
7. YAÑA AÑAMURO, K. *Impacto de la actividad minera sobre las comunidades acuáticas del río Uchusuma- Vila Vilani*. Tesis (Título de Biólogo - Microbiólogo). Tacna : Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2018, 245 pp.
8. TUIRO SALVADOR, M. *Evaluación y propuesta de mitigación de efluentes de aguas ácidas de Cantera de Caolín*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima : UNI, 2016.
9. MELENDEZ SANCHEZ, C. *Evaluación de los parámetros operacionales de la planta de tratamiento de aguas residuales de la mina La Arena - Huamachuco*.

- Tesis (Título de Ingeniero Químico). Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2016, 92 pp
10. CASTREJÓN VILLANUEVA, S. *Evaluación de recursos hídricos de las microcuencas Quebrada Minas y Ojos para el manejo de aguas*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2013, 204 pp.
 11. DIAZ, A y MEZA, G. *Sostenibilidad del servicio del agua potable y saneamiento de la comunidad de unión minas, distrito de Tambo La Mar – Ayacucho – 2016*. Tesis (Título de Antropólogo). Huancayo : UNCP, 2018.
 12. AMAYA MOSTACERO, D. *Tratamiento de las aguas ácidas de la mina San Cristobal*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2018.
 13. SOTO YALE, A. *Tratamiento de agua en la mina Cobriza*. Tesis (Grado de Maestría).Lima : UNI-Universidad Nacional de Ingeniería, 2017.
 14. RODRIGUEZ RAMIREZ, C. *La evaluación del agua en el proyecto minero Conga, Cajamarca 2010 y 2012*. Tesis (Maestro en Gestión Pública).Lima : UCV, 2017, 116 pp.
 15. TAPIA PELAEZ, W. *Monitoreo ambiental de la planta chancadora Llaminyo – Imata*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2017, 111pp.
 16. CASAPALCA Compañía Minera S.A. [En línea] 14 de 08 de 2019. [Citado el: 14 de 08 de 2019.] <https://www.casapalca.com.pe/Home/Operaciones>.
 17. NUÑEZ AYLAS, M., BENITES ALFARO, E., ZEVALLOS LEÓN, M. Evaluación de la calidad del agua asociado al drenaje ácido de mina (DAM), en el río Yauli en época de estiaje distrito de Yauli – Junín. [En línea] *Scientia*.Febrero.2014.vol. (6) [Fecha de consulta: 16 de marzo de 2019.]Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/19528/Publicacion_scientia%20ucv_Benites.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 18. CALLA LLONTOP, H. y CABRERA CARRANZA, C. Calidad del agua en la cuenca del río Rímac, sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras. [En línea]. *Revista del Instituto de Investigación de la facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 13(25), 87-94. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v13i25.399>
 19. CAMARGO GONZÁLEZ, I. y MARISCAL URETA, K. Escasez de agua: en busca de soluciones normativas. [En línea] *Economía informa*.Mayo - junio.2012. (374)

- [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2019.] Disponible en: <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/374/03ismael.pdf>
20. DOUROJEANNI, A., JOURAVLEV, A. Y CHÁVEZ, G. *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*. [En línea] 2002. [Fecha de consulta: 29 de 1 de 2019.] http://forodelagua.org.sv/sites/default/files/documentos/2013/01/gestion_del_agua_a_nivel_de_cuencas_0.pdf.
 21. WEISS BERNEX, N. *Agua y ordenamiento territorial*. [En línea] 2012. [Fecha de consulta: 6 de abril de 2019.] Disponible en: <http://repositorio.ana.gob.pe/xmlui/handle/ana/868>.
 22. AOKI, A. M. y SERENO, R. Evaluación de la infiltración como indicador de calidad de suelo mediante un microsimulador de lluvias.[en línea] *AGRISCIENTIA* 2006, 23 (1), 23-31. [Fecha de consulta: 6 de marzo de 2019.] Disponible en: <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Aoki-y-Sereno-2006.pdf>
 23. FERNANDEZ RAMIREZ, K. *Evaluación de la calidad de agua de mina: Minas San Cristóbal-Carahuacra, Cía. Minera Volcan U. E. A., Yauli, departamento de Junín*. Lima : Universidad Nacional Federico Villarreal, 2017.
 24. RODRIGUEZ, J. y BURNEO, K. *Metodología de la investigación*. Lima : Fondo Editorial USIL, 2017. ISBN: 978-612-4119-86-6
 25. GONZÁLEZ ENDERS, E. *Educación, investigación científica, invención y tecnología para el desarrollo sostenido de Latinoamérica y el Caribe*. [En línea] 2006. [Fecha de consulta: 6 de abril de 2019.]. Disponible en: <http://redalyc.org/pdf/373/37303104.pdf>.
 26. HERNANDEZ SAMPIERI, R., FERNANDEZ COLLADO, C., BAPTISTA LUCIO, *Metodología de la Investigación*. México : Mc Graw Grill, 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia y matriz de operacionalización de las variables

Tabla 12. *Matriz de consistencia lógica*

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	
¿El análisis fisicoquímico y microbiológico permite la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 Cía. Minera Casapalca S. A?	Determinar el análisis fisicoquímico y microbiológico para la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 Cía. Minera Casapalca S.A.	El análisis fisicoquímico y microbiológico influye positivamente en la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes tomando en cuenta los parámetros de ICA –PE de la Estación 2210 Cía. Minera Casapalca S.A	La presente investigación de investigación se desarrolló utilizando el método científico, enfocando desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo que determinará la investigación sobre la calidad de agua. El nivel de investigación es descriptivo. El diseño para utilizar es el Descriptivo Correlacional.

ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>a) ¿El análisis fisicoquímico permite la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 Cía. Minera Casapalca S.A?</p> <p>b) ¿El análisis microbiológico permite la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 Cía. Minera Casapalca S.A?</p>	<p>a) Aplicar el análisis fisicoquímico para la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 Cía. Minera Casapalca S.A.</p> <p>b) Aplicar el análisis microbiológico para la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la Estación 2210 Cía. Minera Casapalca S.A.</p>	<p>a) El análisis fisicoquímico permite la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes, desde el punto de vista del contenido de minerales y PH del agua, de la Estación 2210 Cía. Minera Casapalca S.A.</p> <p>b) El análisis microbiológico permite la evaluación de la calidad del agua de mina desde el punto de vista del contenido de seres vivos (Coliformes), de drenajes efluentes de la Estación 2210 Cía. Minera Casapalca S.A</p>	<p>La población fue dada por todas las estaciones de Cía. Minera Casapalca S.A, en el 2019</p> <p>La muestra fue la estación 2210 de Cía. Minera Casapalca S.A., en el 2019</p>

Tabla 13. Matriz de operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADORES
<p><u>Variable independiente</u></p> <p>Análisis Físicoquímico y Microbiológico</p>	<p>Significa que debe estar libre de microorganismos patógenos de minerales y sustancias orgánicas que puedan producir efectos fisiológicos adversos.</p>	<p><u>PARTES DE LA VARIABLE.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Calidad de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Alcance • Frecuencia • Amplitud
<p><u>Variable dependiente</u></p> <p>Evaluación de la calidad de agua en mina</p>	<p>Adecuados niveles físicoquímicos y microbiológicos para la calidad del agua. (Aylas, y otros, 2014)</p>	<p><u>PARTES DE LA VARIABLE.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Parámetros físicos • Parámetros químicos • Parámetros biológicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos o residuos, turbiedad, color, olor y sabor, temperatura. • Aceites y grasas, conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, dureza, pH, cloruros, sodio, sulfatos. • Coliformes termotolerantes y coliformes totales)

Anexo 3
Panel fotográfico



Fotografía 1. Toma de muestras 1



Fotografía 2. Toma de muestras



Fotografía 3. Normas de seguridad para el acceso y trabajo en laboratorio de fisicoquímica y microbiológico



Fotografía 4. Análisis en laboratorio de química y biología – balanza analítica



Fotografía 5. Análisis microbiológico de las muestras



Fotografía 6. Procesos de análisis de agua de mina – preparación de mesa de trabajo



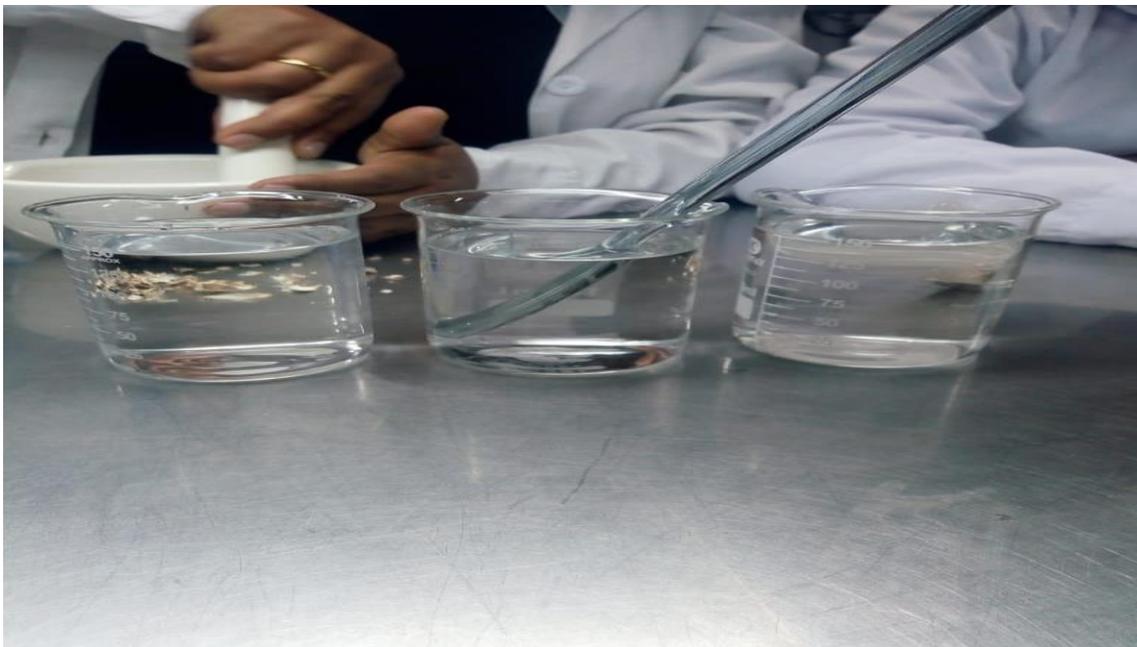
Fotografía 7. Pruebas de turbidez y microbiológicos



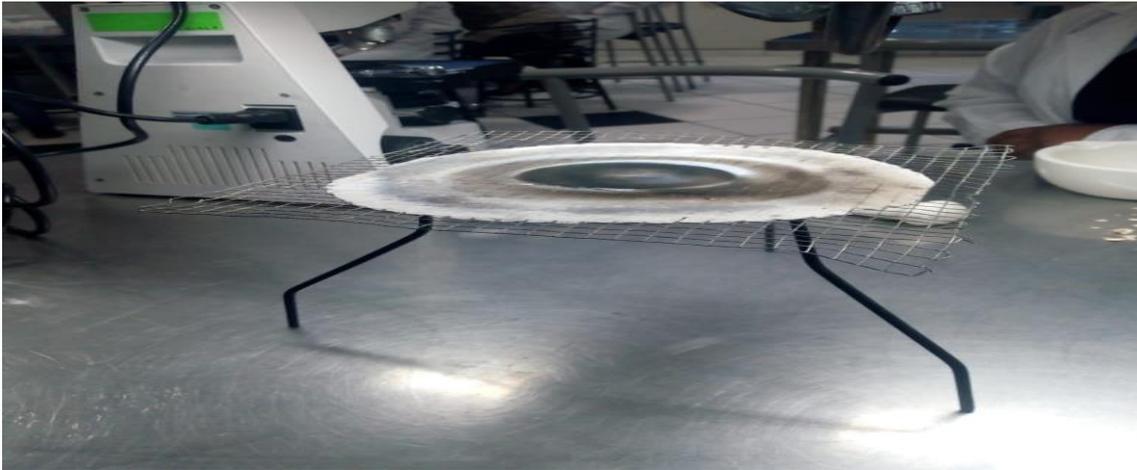
Fotografía 8: Espectrofotómetro 722s - análisis de metales pesados



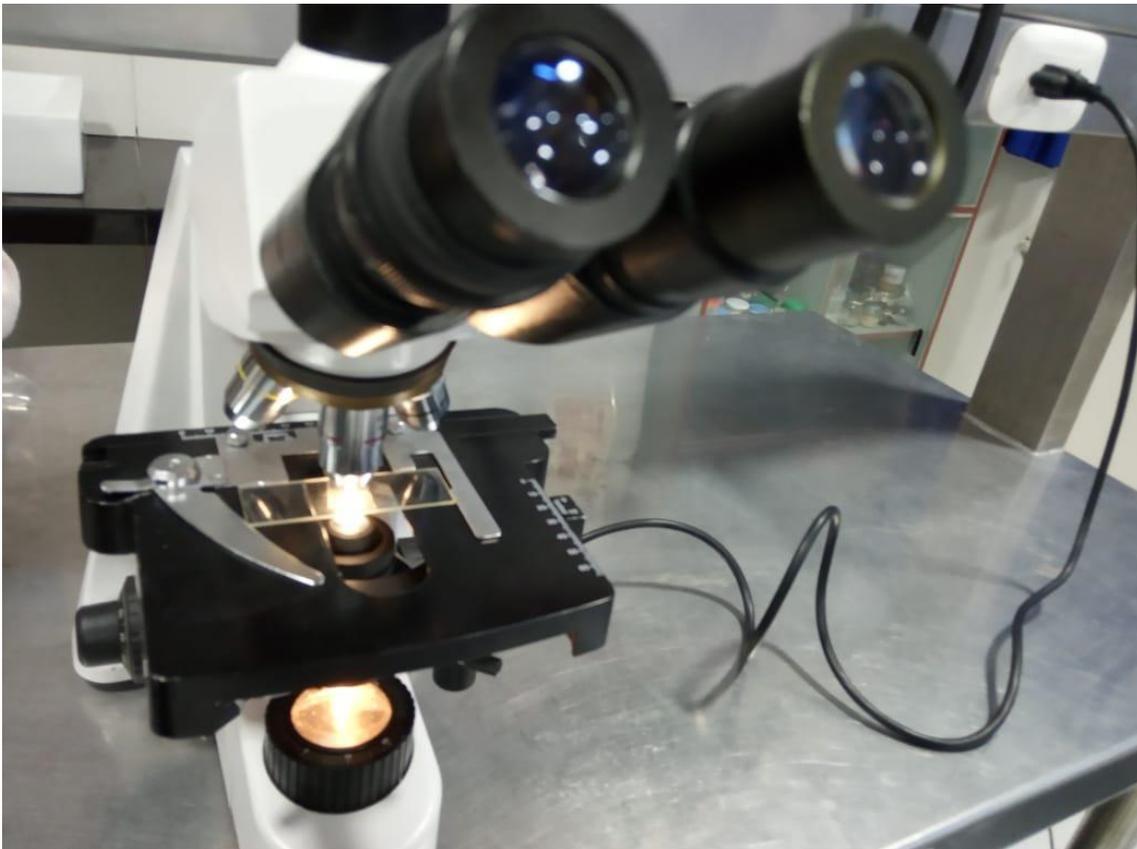
Fotografía 9. Calibración de equipos - análisis de metales pesados (Espectrofotómetro modelo 722s)



Fotografía 10. Toma de muestras en laboratorio de muestras de 150ml



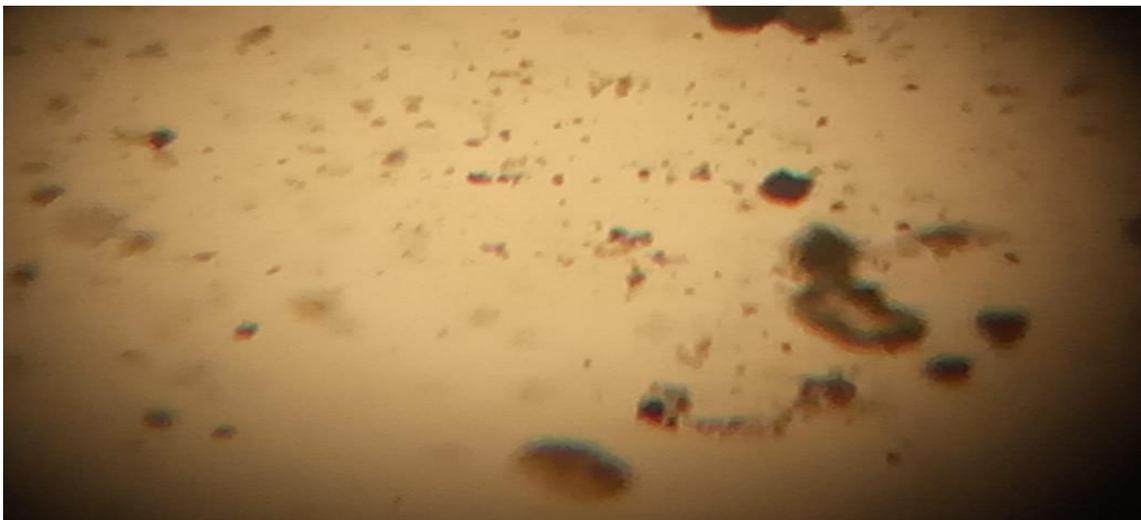
Fotografía 11. Preparación de muestras para determinación de termorresistentes



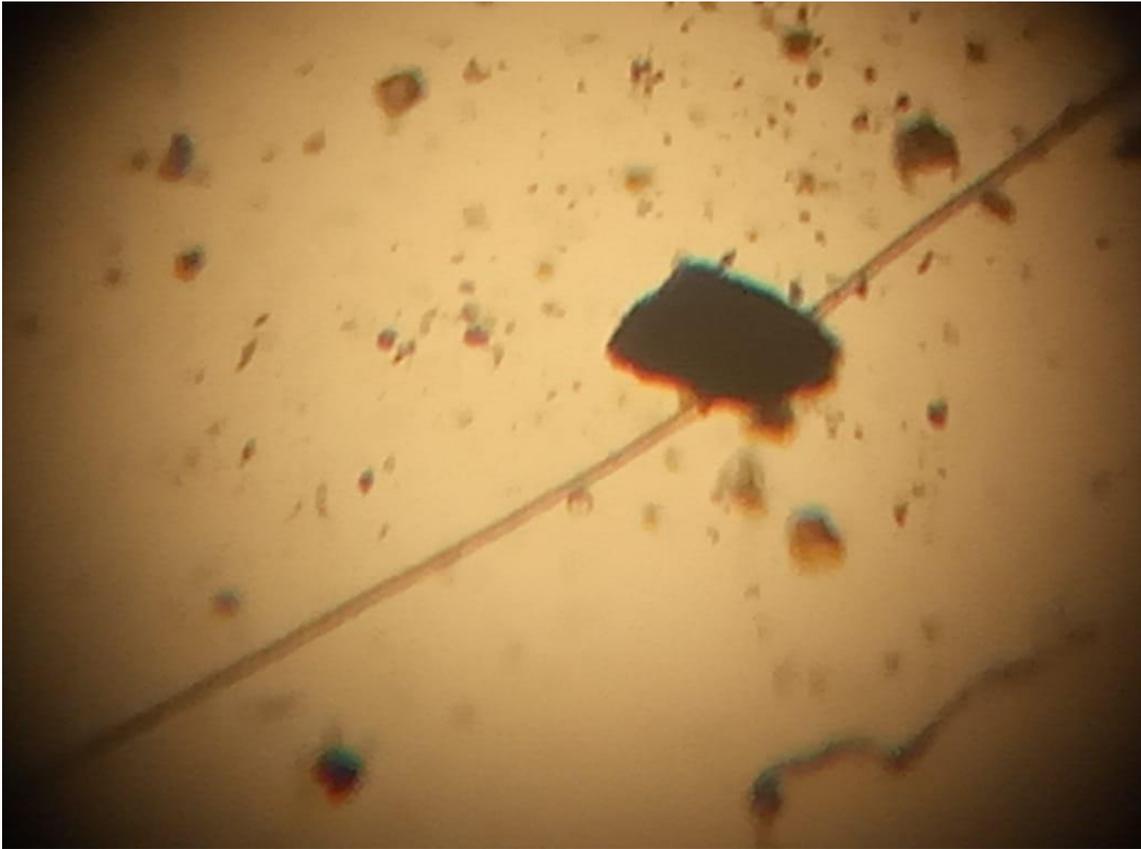
Fotografía 12. Microscopio compuesto para el análisis microbiológico



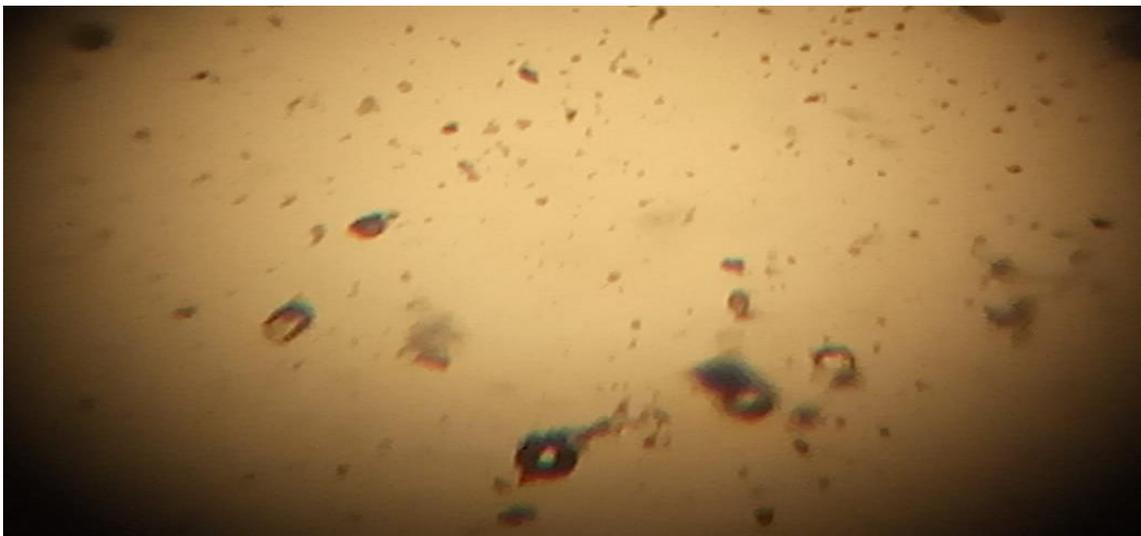
Fotografía 13. Calibración de microscopio compuesto



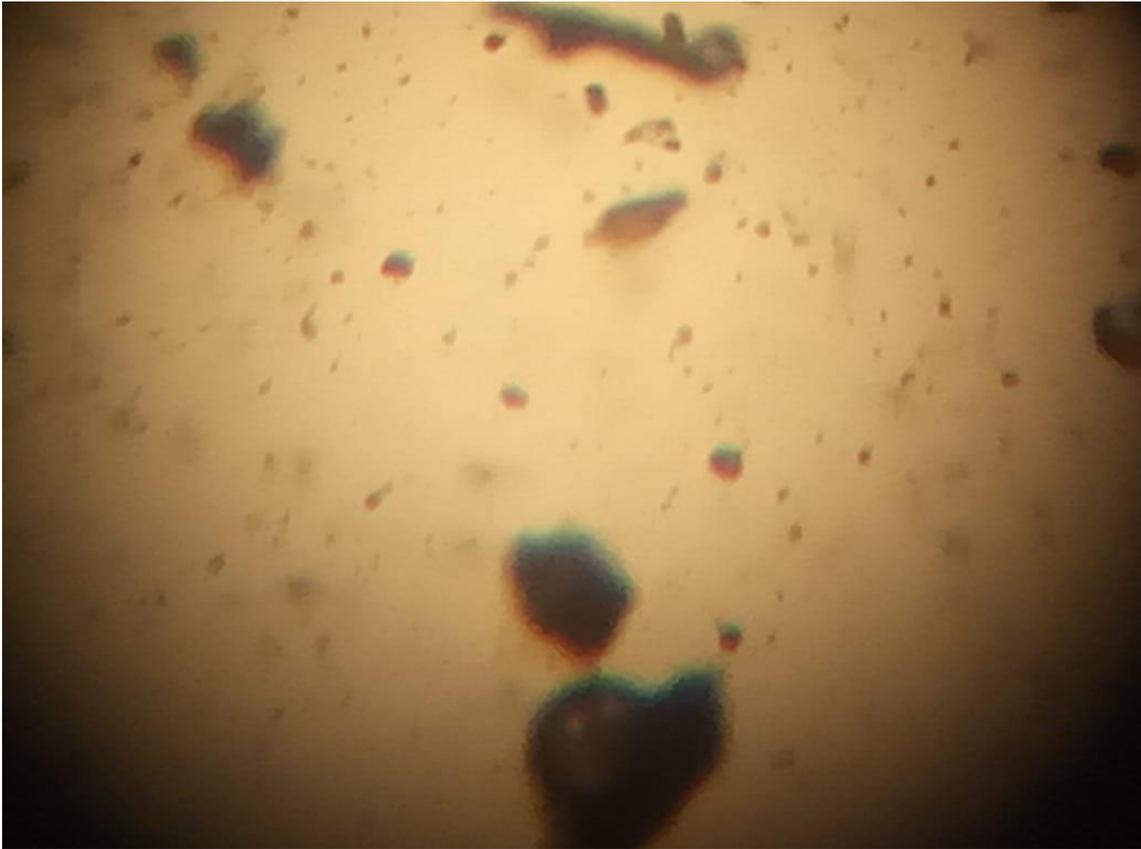
Fotografía 14. Observación de turbidez y microorganismos



Fotografía 15. Observación de material biológico residual



Fotografía 16. Observación exploratoria de material biológico residual



Fotografía 17. Observación exploratoria de material biológico residual