



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE  
METALES PESADOS EN EL RÍO MICHQUILLAY,  
2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autoras:

Yanali Guevara Delgado  
María Milene Marín Flores

Asesor:

Mg. Betzabe Sulma Churampi Casas

Cajamarca - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

Se dedica esta investigación principalmente a Dios por darnos la vida y permitir culminar nuestra investigación de manera satisfactoria.

A nuestros padres, quienes han confiado plenamente en nuestros potenciales como personas, estudiantes y futuros profesionales, asimismo, por darnos todas las facilidades para poder superarnos y por ser nuestro sustento en cada momento. De igual modo a nuestros hermanos por inspirarnos ser cada día mejores.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por brindarnos un día más de vida por fortalecernos día a día y darnos sabiduría e inteligencia, agradecemos a nuestros padres, siempre han provisto de lo necesario para seguir continuando en la vida académica, no solo en lo material o económico, sino en el ánimo e impulso. Asimismo, al Programa Nacional de Beca y Crédito Educativo por el sustento económico.

A la Universidad Privada del Norte por formarnos como futuros ingenieras ambientales, de igual modo a la Mg. Betzabe Sulma Churampi Casas quien nos guio y nos brindó su tiempo para el desarrollo de la presente investigación y dar por culminada.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.2. Formulación del problema.....	21
1.3. Objetivos.....	21
1.4. Hipótesis .....	21
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>22</b>
2.1. Tipo de investigación .....	22
2.2. Población y muestra .....	22
2.3. Materiales, instrumentos y métodos .....	26
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección análisis de datos .....	27
2.5. Procedimiento.....	27
2.6. Aspectos Éticos .....	29
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
<b>CAPITULO IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Interpretación de la Calificación ICA- PE.....	15
<b>Tabla 2</b> Ubicación de Estaciones de Muestreo .....	23
<b>Tabla 3</b> Concentración de los metales pesados del río Michiquillay.....	30
<b>Tabla 4</b> Coeficiente de variación .....	31
<b>Tabla 5</b> Cálculo del ICA-PE con respecto a los parámetros establecidos .....	32
<b>Tabla 6</b> Comparación de los metales pesados con el ECA de agua categoría 3.....	35
<b>Tabla 7</b> Comparación del pH y conductividad con ECA de agua .....	36
<b>Tabla 8</b> Comparación del punto de muestreo MCH-01 con el ECA de agua.....	37
<b>Tabla 9</b> Comparación del punto de muestreo MCH-03 con el ECA de agua.....	38
<b>Tabla 10</b> Comparación del punto de muestreo MCH-04 con el ECA de agua.....	39
<b>Tabla 11</b> Comparación del punto de muestreo MCH-AS-02 con el ECA de agua...	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Puntos de Monitoreo de Agua Superficial, Fuente: (USGS, 2021) .....	24
<b>Figura 2</b> Ubicación de puntos de muestreo de Agua Superficial.....	25
<b>Figura 3</b> Comparación del potencial de hidrógeno con el ECA de Agua.....	36
<b>Figura 4.</b> Comparación de la Conductividad con el ECA de Agua.....	37
<b>Figura 5.</b> Comparación del punto de muestreo MCH-01 con el ECA de agua .....	38
Figura 6. Comparación del punto de muestreo MCH-03 con el ECA de agua.....	39
<b>Figura 7.</b> Comparación del punto de muestreo MCH-04 con el ECA de agua .....	40
<b>Figura 8.</b> Comparación del punto de muestreo MCH-AS-02 con el ECA de agua..	41

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> Formula del ICA-PE .....	14
<b>Ecuación 2</b> Factor alcance .....	16
<b>Ecuación 3</b> Factor frecuencia.....	16
<b>Ecuación 4</b> Factor amplitud .....	16

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la concentración de los metales pesados en el río Michiquillay, 2020. Para el desarrollo de la investigación el muestreo se ha realizado en el mes de febrero del año 2020, resultados obtenidos por la empresa activos mineros SAC. La investigación tuvo un diseño no experimental con diseño transeccional descriptivo; estableciendo como muestra 4 puntos de monitoreo para la evaluación de concentración de los parámetros ya mencionados con el ECA para agua categoría 3 subcategoría D1 y D2 riego de vegetales y bebida de animales, asimismo se determinó el estado del agua con el índice de calidad de agua. Se concluye que el resultado para cobre tiene una concentración de 0.5577mg/L y 1.2747mg/L de igual forma el potencial de hidrógeno con un valor de 4, agua ácida, en el punto de muestreo MCH-AS-02. Hierro con una concentración de 5.32mg/L en el punto MCH-04 excediendo lo establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para agua categoría 3 según el D.S N° 004-2017-MINAM. De igual modo el ICA-PE fue de 73.51 indicando un estado de agua regular.

**Palabras clave:** Concentración, agua, metales pesados, río Michiquillay.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Durante los últimos años el incremento de la minería, en el sector industrial, ha dado lugar a la contaminación de muchos cursos de agua. Debido a que las empresas mineras vierten sus aguas tóxicas con concentración de metales pesados hacia el río, provocando efectos negativos en la salud de las personas, animales y cultivos agrícolas (Quenta, 2015).

El agua es un recurso de vital importancia para los seres vivos, plantas y animales, siendo indispensable su preservación, (Fernández, 2012). El uso del agua en el sector minero es muy necesario para la operación: Artesanal, mediana y grande; así como al tipo de mineral en extracción (De Piérola, 2017). La concentración de metales pesados afecta los diversos recursos naturales como el agua, suelo, flora y fauna debido a diferentes actividades tales como: Agrícola, industrial, domestica residual y minería, entre otros (Flórez, 2016).

Los metales pesados, en particular el Cd, Zn, Pb, Cu y Mn son peligrosos para la vida cuando contaminan el agua, aire, suelo en cantidades altas superando el rango permitido (Vallarino, 2011). Estos metales pesados son contaminantes ambientales tóxicos, debido a su permanencia y tendencia a acumularse en los organismos acuáticos (Salas, 2014). Una vez emitidos, permanecen cientos de años en el ambiente, además, su concentración en los seres vivos aumenta a través de la ingesta de plantas y animales, provocando síntomas de intoxicación, ceguera, amnesia, raquitismo, miastenia y hasta la muerte (Vallarino, 2011).

El proyecto está ubicado hidrográficamente en la microcuenca del río la Encañada en la parte alta la microcuenca está conformada por las quebradas Challhuamayo,

Michiquillay y el río Quinuamayo; a lo largo de su recorrido el río la Encañada recibe el aporte de varias quebradas por ambas márgenes, luego de cruzar el pueblo Namora, recibe ese mismo nombre hasta la confluencia con el río Cajamarca (Grufliedes, 2019)

El proyecto Michiquillay se encuentra conformado por un yacimiento del tipo pórfido de cobre, con contenido de minerales de cobre (Cu), oro (Au) y molibdeno (Mo). En abril de 2007 la empresa Anglo American Michiquillay S.A., obtuvo la concesión. La empresa a través de un mecanismo de consulta denominado “Acuerdo Social”, logró en junio del 2008 que la comunidad de Michiquillay otorgara la licencia social para dar inicio a la etapa de exploración, la misma que duraría cinco años (Grufliedes, 2019)

Durante la etapa de exploración a cargo de Anglo American Michiquillay S.A. quienes realizan actividades de perforaciones diamantinas, con fines de verificar y cuantificar los contenidos de minerales existentes; dentro de las instalaciones del proyecto existen pasivos ambientales consistentes en, una bocamina con galería de 3 Km, una chimenea, un depósito de desmontes y uno de relaves (MINAM, 2012).

Debido a la gran contaminación que se genera por diferentes actividades es importante poder identificar la concentración de metales en el agua del río Michiquillay, ya que este es utilizado por la población para riego de vegetales y bebida de animales pudiendo generar alteraciones en su desarrollo biológico debido a la concentración de elementos tóxicos contenidos en el agua.

La concentración de metales totales presentes en el agua será comparada con los ECA para agua categoría III subcategoría D1 y D2 riego de vegetales y bebida de animales y comparar los resultados con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

A continuación, se abordan los antecedentes

Delgado y Díaz (2018) en su investigación niveles de contaminación por metales pesados en el acuífero aluvial del agrío en el entorno minero de Aznalcóllar (Sevilla) durante el periodo 2012-2018. En su estudio menciona que se realizó monitoreo en el río Agrío tanto en aguas superficiales como subterráneas en febrero de 2018 para Al, As, Cu, Fe, Pb y Zn, las concentraciones para cobre ha sido 0.047 mg/L y hierro 0.43mg/L encontrándose dentro del estándar de calidad para agua categoría 3.

Según Llavilla (2018), en su tesis de evaluación de metales pesados en el agua de los ríos de Pataqueña y Chacapalca del distrito de Ocuvi, Lampa-Puno. Los resultados que han obtenido para río Pataqueña; fue el arsénico 0.115 mg/L, siendo no apta para el riego de vegetales de la categoría 3, mientras que para el río Chacapalca; fueron el aluminio 14.368 mg/L, hierro 18.288 mg/L; manganeso 0.558 mg/L; y cadmio 0.015 mg/L, siendo el cadmio no apta para el riego de vegetales, mientras el aluminio, hierro y manganeso, han estado por encima de los estándares de calidad ambiental para agua de la categoría 3 para riego de vegetales y bebida de animales, concluyendo que la calidad de agua del río Chacapalca no es apta para el riego de vegetales y bebida de animales.

Según Capacoila (2017), en su tesis evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Coata Puno – Perú, obtuvo concentraciones para aluminio 1.043 mg/L, cadmio 0.000 mg/L, cromo 0.000 mg/L, hierro 0.856 mg/L, manganeso 0.460 mg/L y mercurio 0.000 mg/L, por lo que aluminio, hierro y manganeso se encontraron por encima del estándar de

calidad ambiental para agua, mientras cadmio, cromo y mercurio se encuentran dentro de los límites del ECA para Agua.

Según Villanueva (2018), en su tesis se evaluó la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Ayaviri para fines de riego -Puno-Perú, la toma de muestras han sido realizadas en dos puntos estratégicos a lo largo del río Ayaviri (RChac1 y RChac2). Según sus resultados obtenidos los elementos que sobrepasaron los ECA para agua se encuentra el hierro con un valor promedio de 8.6345mg/L, lo cual sobrepaso en ambas épocas a excepción de los puntos en la época lluviosa RChac1 y RChac2 2017 y en época de estiaje para el punto RChac2 2018. Asimismo, el Cobre supero los ECA en los puntos RChac1, RChac2 (lluviosa 2017) y RChac1, RChac2 (estiaje 2018) con un valor promedio de 0.4852mg/L.

De acuerdo con Parí (2017), en su tesis efectos de los relaves mineros en la calidad del agua del río ananea – Puno. Sus resultados muestran que las concentraciones más altas se registraron en el punto de muestreo M-1 con aluminio 96.780 mg/L y hierro 131.900 mg/L. para la época de estiaje y en la época de avenida con concentraciones más bajas en el punto de muestreo M-1 para aluminio 41.416 mg/L y hierro 63.785 mg/L. Estas concentraciones se encontraron por encima de los Estándares de Calidad Ambiental para agua.

Tirado y Valverde (2018), en su estudio determinación de la concentración de hierro, manganeso y cobre en aguas del río Chiminero de la provincia de Cajabamba, menciona en su investigación que la contaminación de metales pesados se ha ido incrementando debido a la presencia de los metales pesados provenientes de la minería informal.

Aguirre y Huamán (2019), en su tesis influencia del drenaje ácido de mina del pasivo ambiental San Nicolás en las aguas del río Tingo Maygasbamba, Hualgáyoc-Cajamarca 2019, el autor indica que debido al cierre de la mina San Nicolás ha dejado como pasivo ambiental minero aguas de drenaje ácido lo cual no han sido remediados por lo que continúan contaminando los recursos hídricos.

Tirado y Valverde (2019), en su estudio denominado determinación del pH y concentración de metales totales de las aguas del río Chimín, distrito Cachachi - 2018 y 2019, indican que se tomaron cuatro puntos de muestreo (R-CH1, R-CH2, R-CH3 y R-CH4), realizadas en época de lluvia y estiaje en las aguas del río Chimín, distrito Cachachi - 2018 y 2019. Señala que se determinó la concentración de nueve metales totales, encontrándose que, dentro de ellos, el hierro tiene una concentración promedio de 1,61 mg/L y el Cobre 0,61 mg/L siendo estos metales los que superaron los estándares de calidad ambiental para aguas, categoría 3, subcategorías D1 y D2 establecidos en el Decreto Supremo 004-2017-MINAM.

Sempertegui et al. (2018), en su investigación indica que la asociación de mineros artesanales San Blas de Algamarca, se formó en el 2003, lo cual vienen explotando; con el paso del tiempo todos sus efluentes mineros han sido vertidos en el río Saucicucho – Cañarís. Dentro de sus resultados se ha determinado valores para el pH una concentración de 3.38 y 2.39 representando un pH ácido.

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó definiciones conceptuales tales como:

### **Contaminación del agua**

La organización mundial de la salud considera que el agua está contaminada cuando su composición o estado natural se ven alterados de tal forma pierde las condiciones

necesarias para los usos a los que estaba destinada. Esta contaminación se puede dar de forma natural o antropogénica, esta última es generada a consecuencia de las diferentes actividades humanas, las cuales son fuentes principales de contaminación de agua, entre ellos son los vertidos de aguas residuales, industriales, agrícolas, minería y otros (Rodríguez, 2009).

### **Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua.**

Se entiende como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (MINAM, 2017)

### **Agua Superficial y Agua Subterránea**

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: “Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias”  
Categoría 3 – D1: Riego de vegetales y D2: Bebidas de animales.

### **Índice de calidad de agua (ICA-PE)**

Constituye un instrumento primordial en la gestión de la calidad de los recursos hídricos debido a que permite transmitir información de forma sencilla respecto a la calidad del recurso hídrico a las autoridades competentes y al público en general; e identifica y compara las condiciones de calidad del agua siendo la valoración de la calidad del agua en una escala de 0-100, donde 0 (cero) es mala calidad y 100 es excelente (ANA, 2018).

### **Ecuación 1**

*Formula del ICA-PE*

$$CCME_{wqt} = 100 - \left( \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right)$$

**Tabla 1**

*Interpretación de la Calificación ICA- PE*

ICA- PE	Calificación	Interpretación
90-100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
75-89	Bueno	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.
45-74	Regular	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.
30-44	Malo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
0-29	Pésimo	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

Fuente: (ANA, 2018).

### **Determinación del cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE)**

Para la determinación del índice de calidad de agua se aplica la fórmula canadiense, que consta de tres factores (alcance, frecuencia y amplitud), lo que resulta del cálculo un valor único comprendido entre 0 y 100, que indica y describe el estado de la calidad del agua de un punto de monitoreo, un curso de agua, un río o cuenca (ANA, 2018).

### Factores del índice de calidad de agua

F1 - Alcance: Esta denominado por la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa ECA- Agua, respecto al total de parámetros a evaluar (ANA, 2018).

#### Ecuación 2

*Factor alcance*

$$F1 = \frac{\text{Número de parametros que no cumplen los ECA} - \text{agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}}$$

F2 - Frecuencia: Constituida por la cantidad de datos que no cumplen la normativa ambiental ECA- Agua referente al total de datos de los parámetros a evaluar (ANA, 2018).

#### Ecuación 3

*Factor frecuencia*

$$F2 = \frac{\text{Nº de los parámetros que NO cumplen el ECA de los Datos Evaluados}}{\text{(Número Total de Datos Evaluados)}}$$

F3 - Amplitud: Es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir los excesos de todos los datos respecto al número total de datos (ANA, 2018).

#### Ecuación 4

*Factor amplitud*

$$F3 = \frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} * 100$$

### **Drenaje**

Se originan en la actividad minera, especialmente en etapas de cierre y/o abandono ·cuando no se han tomado las precauciones para evitar su producción; hecho que genera contaminación del agua, suelo y aire (Carhuamaca, 2018).

### **Relaves mineros**

Los relaves son desechos tóxicos subproductos de procesos mineros y concentración de minerales, usualmente mezcla de tierra, minerales de agua y rocas; el relave contiene altas concentraciones de químicos y elementos que alteran el medio ambiente, por lo que deben ser transportados y almacenados en relavaras para posteriormente tratarlo y reutilizarlo (Carhuamaca, 2018).

### **Pasivo ambiental minero**

Son aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad (MINEM, 2015).

### **Parámetros físicos**

#### **Conductividad**

La conductividad del agua es una expresión de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por lo que cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad (Unda,1969 citado en Capacoila, 2017).

### **Potencial de hidrógeno**

El pH se mide entre 0 a 14 en solución acuosa, siendo ácidas las soluciones con pH menores de 7 y alcalinas las mayores de 7. El pH igual a 7 indica la neutralidad de una sustancia, las aguas naturales pueden tener pH ácido debido al SO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> disueltos en la atmósfera, CO<sub>3</sub> de los suelos calizos provenientes de los seres vivos o por el ácido sulfúrico procedente de algunos minerales. Las aguas contaminadas con zonas de descargas industriales pueden tener un pH muy ácido (APHA, 1992 citado en Capacoila, 2017).

### **Metales Pesados**

Es un elemento químico con alta densidad (mayor a 4 g/cm<sup>3</sup>), masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas. Algunos de estos elementos son: Aluminio (Al), bario (Ba), berilio (Be), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), molibdeno (Mo), y otros. En general se considera, que los metales son perjudiciales, pero muchos resultan esenciales en nuestra dieta y en algunos casos, su deficiencia o exceso puede conducir a problemas de salud (Londoño et al., 2016)

### **Parámetros químicos**

#### **Plomo**

El plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre, su uso ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública. Entre las principales fuentes de contaminación ambiental destacan

la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje y en algunos países el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo (OMS, 2017).

El agua potable canalizada a través de tuberías de plomo o con soldadura a base de este metal puede contener plomo, cuando este es liberado al aire cae al suelo y tiende a acumularse en el mismo y puede ser transportado por la lluvia hacia las aguas superficiales, llega a ser absorbido por las plantas e introducirse en la cadena alimentaria. El plomo tiene graves consecuencias en la salud de los niños ataca al cerebro y al sistema nervioso central, pudiendo provocar coma, convulsiones e incluso la muerte (OMS, 2019).

### **Cobre**

El cobre es un nutriente esencial y al mismo tiempo un contaminante del agua de consumo. Tiene muchos usos comerciales, se utiliza para fabricar tuberías, válvulas y accesorios, así como en aleaciones y revestimientos (OMS, 2019). El cobre en concentraciones altas afecta a la salud genera anemia hipocrómica, disminuye la tasa de crecimiento, diarreas, cambios de coloración del pelo, ataxia neonatal, alteración del crecimiento, infertilidad temporal e insuficiencia cardíaca (García et al., 2012).

### **Arsénico**

En la naturaleza se encuentra como mineral de cobalto, aunque regularmente está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag. El principal mineral del arsénico es el FeAsS (arsenopirita) y se usa en tratamiento de maderas, productos agrícolas (pesticidas, herbicidas) bronceadores de piel y otros. En humanos la toxicidad crónica con arsénico causa lesiones en piel (queratosis, hiperqueratosis, hiperpigmentación) y lesiones vasculares en sistema

nervioso e hígado. Las complicaciones agudas aparecen por exposición a dosis elevadas y pueden ser letales, sus primeros efectos suelen ser fiebre, hepatomegalia, melanosis, arritmia cardíaca, neuropatía periférica, anemia y leucopenia (Londoño et al., 2016).

### **Cadmio**

Elemento descubierto por Stromeyer en 1817 y descritos sus primeros efectos de intoxicación y envenenamiento por Sovet en 1858. Es un metal ampliamente representado en los ambientes terrestres y acuáticos, pero en concentraciones relativamente muy bajas (Gonzalo, 2010). El cadmio se libera al medio ambiente en las aguas residuales, y los fertilizantes y la contaminación aérea local producen contaminación difusa (OMS, 2006).

El cadmio es uno de los metales pesados que tiene mayor tendencia a acumularse en las plantas lo cual causa graves alteraciones en el proceso de nutrición y transporte de agua en las diferentes plantas (Singh y Tewari, 2003). El cadmio en el organismo humano actúa de forma acumulativa, fundamentalmente en los riñones y causa hipertensión arterial también puede causar enfermedades pulmonares y provocar osteoporosis en humanos y animales (Rodriguez,2017).

### **Hierro**

El hierro se encuentra en grandes cantidades en suelos y rocas, aunque normalmente en forma insoluble. Sin embargo, debido a un número de complejas reacciones que suceden de forma natural en el suelo llega a contaminar cualquier agua que lo atraviese. Por lo tanto, el exceso de hierro es un fenómeno común de las aguas subterráneas, especialmente aquellas encontradas de aguas subterráneas blandas (Peris, 2006).

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la concentración de los metales pesados en el río Michiquillay, 2020?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Evaluar la concentración de los metales pesados en el río Michiquillay, 2020.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Describir la concentración de los metales pesados As, Cd, Cu, Fe y Pb en el río Michiquillay, 2020.
- Identificar el estado de calidad de agua de los parámetros pH, conductividad, As, Cd, Cu, Fe y Pb mediante el ICA-PE.
- Comparar la concentración de los metales pesados As, Cd, Cu, Fe y Pb con los ECA para agua establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 3.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

Existe concentración por metales pesados procedentes de la minería Michiquillay que superan los ECA para agua categoría 3 subcategoría D1 y D2 riego de vegetales y bebida de animales.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

Hernández et al. (2014), mencionan que la investigación no experimental cuantitativa es aquella que se realiza sin manipular las variables; es decir, no se tiene dominio directo sobre las variables tampoco se puede intervenir sobre ellas, porque ya ocurrieron, al igual que sus efectos.

Esta investigación tiene un diseño transeccional descriptivo, el cual recopila datos en un solo momento, en un tiempo único. Por lo que la presente investigación a realizarse es una investigación no experimental cuantitativa con diseño transeccional descriptivo. Basamos la presente investigación con datos de análisis de agua superficial proporcionado por Activos Mineros SAC los mismos que serán empleados para identificar las concentraciones de los metales en los puntos de muestreo de agua.

### **2.2. Población y muestra**

#### **2.2.1 Población**

Según Hernández et al. (2014) una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones.

En el presente trabajo de investigación, la población está conformado por todo el caudal del río Michiquillay, Cajamarca.

#### **2.2.2. Muestra**

En la investigación se consideró 4 muestras de agua con un volumen de 500 ml cada una de las muestras del río Michiquillay, donde se han analizado la concentración de los metales pesados arsénico, cadmio, cobre, hierro y plomo.

**Tabla 2**

*Ubicación de Estaciones de Muestreo*

Estación de Muestreo	Descripción Agua Superficial	Coordenadas UTM WGS-84		Altitud m.s.n.m.
		Zona 17 M		
		Norte	Este	
MCH-01	Drenaje superficial del depósito de relaves	9220675	794982	3437
MCH-03	Río Michiquillay, 100 metros aguas abajo de drenaje de zona coberturada	9221477	795662	3543
MCH-04	Río Michiquillay, 100 m. aguas abajo de la descarga del canal de conducción del efluente del sistema de tratamiento artesanal.	9220196	795006	3364
MCH-AS-02	Quebrada que recepciona efluente de la bocamina	9220731	795413	3454



*Figura 1. Puntos de Monitoreo de Agua Superficial, Fuente: (USGS, 2021)*

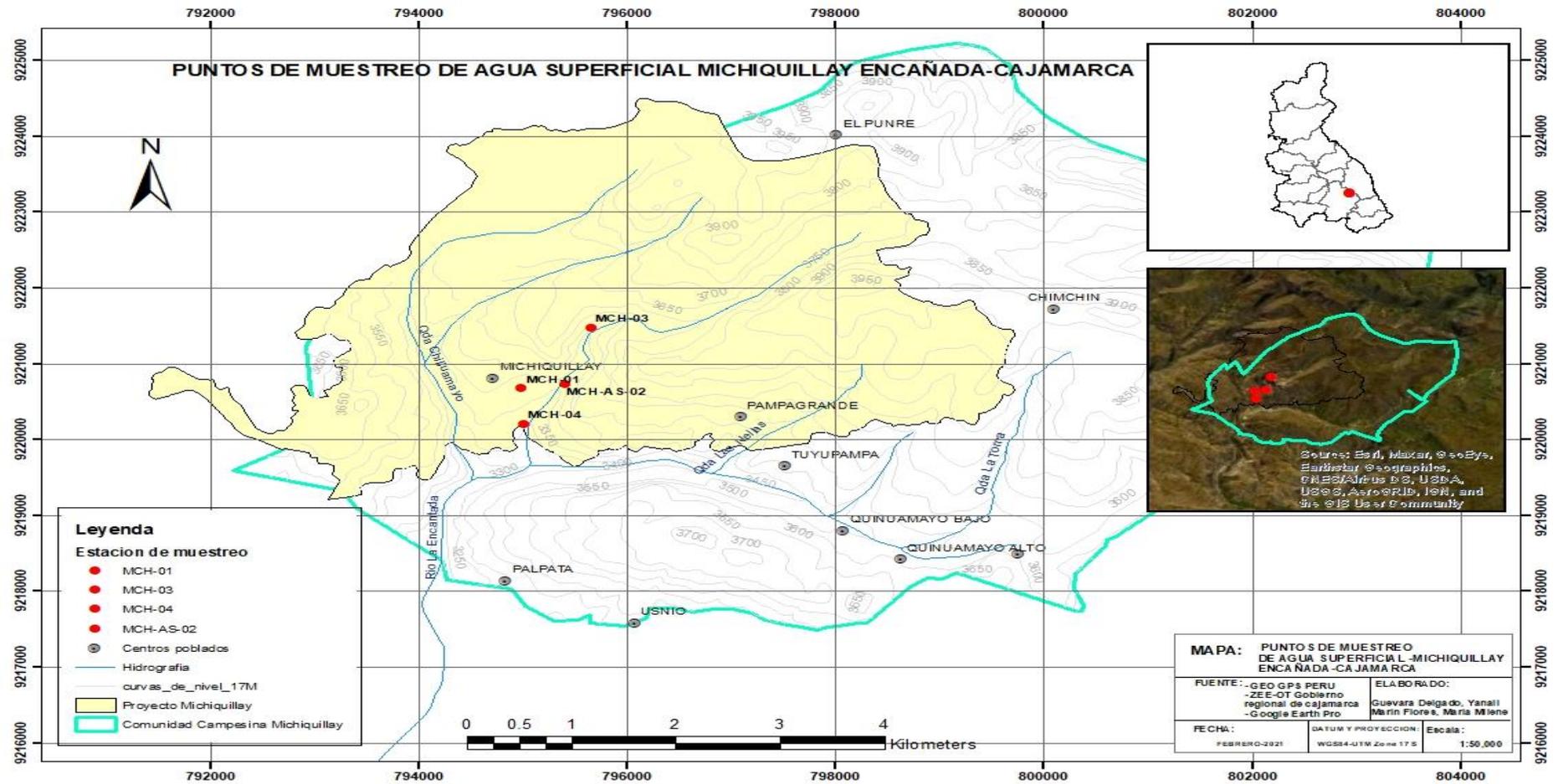


Figura 2 Ubicación de puntos de muestreo de Agua Superficial

## 2.3. Materiales y métodos

### 2.3.1. Materiales

- Data base proporcionado por Activos Mineros SAC
- Laptop
- Base electrónica de google académico, redalyc, repositorio de tesis, Scielo, Dialnet y otros.
- Software Google Earth, ArcGIS

### 2.3.2 Métodos

La metodología aplicada para el monitoreo de agua superficial en el río Michiquillay se ha iniciado con la verificación de equipos en campo posteriormente la observación del punto de muestreo para la recolección apropiada de la muestra de agua a recolectar, asimismo la realización de lectura de parámetros de campo con el multiparámetro, para el caso de la conductividad se ha recolectado un volumen de 500 ml y para pH 50 ml tanto in situ como para laboratorio. Los parámetros físico químicos han sido recolectados en frascos de plástico directamente del cuerpo de agua con un volumen de 500 ml, luego de recolectar la muestra se ha adicionado el preservante ácido nítrico; luego se ha realizado el registro de la cadena custodia (nombre de la estación de monitoreo, fecha, hora y tipo de agua) y finalmente envió de las muestras al laboratorio a cargo de la empresa activos mineros S.A.C.

Con la obtención de los resultados del monitoreo del agua del río Michiquillay se ha procedido a realizar la comparación con los valores del estándar de calidad

ambiental para agua categoría 3 subcategoría D1 y D2 riego de vegetales y bebida de animales.

Asimismo, se realizó cálculos para determinar el estado del agua del río Michiquillay mediante la calificación del índice de calidad de agua ICA-PE.

## **2.4. Técnicas e instrumento de recolección y análisis de datos**

### **2.4.1 Técnicas de recolección y análisis de datos**

Se obtuvo los resultados de monitoreo de la calidad de agua del río Michiquillay, dicho muestreo se hizo de acuerdo al protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA) el muestreo se realizó el 26 de febrero 2020. Las muestras han sido acondicionadas, preservadas con la adición de ácido nítrico y selladas según tipo de análisis para luego ser transportados al laboratorio, para la evaluación de los parámetros físicos se realizó in situ y para químicos mediante la técnica espectrofotómetro de absorción atómica, mencionar que dicho procedimiento ha sido realizado por la empresa activos mineros S.A.C (AMSAC).

### **2.4.2 Instrumento de investigación**

Para la presente investigación se utilizó como instrumento de investigación los resultados del monitoreo de agua por el laboratorio Certimin acreditado por INACAL proporcionado por activos mineros S.A.C. Asimismo se usó el D.S. N° 004-2017 MINAM, estándares de calidad ambiental para agua al igual que la metodología del Índice de calidad de agua (ICA-PE) para la determinación del estado del agua.

### **2.4.3 Análisis de datos**

Para el análisis de datos se utilizó los resultados del monitoreo de agua del río Michiquillay para comparar con el D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 3 D1 y D2 riego de vegetales y bebida de animales y poder identificar la concentración de los metales pesados Pb, Cd, Fe, Cu, As de igual forma se realizó el cálculo para la determinación del índice de calidad de agua mediante la metodología ya establecida y finalmente realizar las tablas y gráficas para su respectivo análisis e interpretación.

### **2.5.Procedimiento**

Se procedió a recopilar información respecto al objetivo de investigación posterior a ello se colocó los resultados del laboratorio Certimin al Excel para identificar las concentraciones de los metales pesados y encontrar el coeficiente de variación teniendo en cuenta el promedio y la desviación estándar luego se realizó el cálculo del índice de calidad del agua ICA-PE, determinando los factores de alcance, frecuencia y amplitud donde los datos encontrados fueron reemplazados en la fórmula general del ICA-PE para la determinación del estado del agua, seguidamente las concentraciones de metales pesados se comparó con el estándar de calidad ambiental para agua categoría 3 subcategoría D1 y D2 riego de vegetales y bebida de animales establecido en el D.S. N° 004-2017 MINAM y finalmente se elaboraron tablas y gráficas para su análisis e interpretación.

## 2.6.Aspectos Éticos

Algunos de los aspectos éticos presentes al momento de realizar este trabajo de investigación es la responsabilidad porque nos ayuda a ser capaces de tomar decisiones y mejorar el proceso de nuestro trabajo corrigiendo los posibles errores que pueda existir para que se realice de la mejor manera, asimismo aplicando la honestidad ya que nos hace ser mejores personas para actuar de manera transparente y honrada para ello se citó correctamente los artículos de revista y tesis para evitar el plagio en la elaboración de este trabajo de investigación, asimismo se hizo uso de la información proporcionada por la empresa Activos Mineros SAC.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

**Tabla 3**

*Concentración de los metales pesados del río Michiquillay*

Parámetro (Físicos e inorgánicos)	Unidad de medida	Estación de Muestreo				Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación (CV)
		MCH-01	MCH-03	MCH-04	MCH- AS-02			
Conductividad	μS/cm	250	282	56.8	129.4	179.55	104.95	58.45%
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.9	7	6.9	<b>4</b>	6.2	1.47	23.67%
Arsénico Total (As)	mg/L	0.0075	0.0002	0.0008	0.0022	0.0027	0.0033	124.26%
Cadmio Total (Cd)	mg/L	0.0014	0.00007	0.00032	0.00043	0.0005	0.0006	105.07%
Cobre Total (Cu)	mg/L	0.0124	0.0336	<b>0.5577</b>	<b>1.2647</b>	0.4671	0.5885	125.99%
Hierro Total (Fe)	mg/L	2.63	0.34	1.47	<b>5.32</b>	2.44	2.1355	87.52%
Plomo Total (Pb)	mg/L	2.63	0.00005	0.00011	0.00029	0.0004	0.0006	132.37%

**Tabla 4**

*coeficiente de variación*

<b>PORCENTAJE</b>	<b>COEFICIENTE DE VARIACION</b>
$0 < CV \leq 10\%$	Variabilidad muy baja
$10\% < CV \leq 25\%$	Baja variabilidad
$25\% < CV \leq 40\%$	Variabilidad moderada
$40\% < CV \leq 50\%$	Alta variabilidad
$CV > 50\%$	Variabilidad muy alta

*Fuente: (Vásquez, 2009)*

**Tabla 5**

*Cálculo del ICA-PE con respecto a los parámetros establecidos*

	Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo			
			MCH-01	MCH-03	MCH-04	MCH-AS-02
Cálculo de los factores del ICA-PE excedentes de cada parámetro en cada monitoreo.	pH.	-				0.63
	Conductividad	µS/cm				
	Arsénico	mg/L				
	Cadmio	mg/L				
	Hierro	mg/L				0.06
	Cobre	mg/L			0.12	1.53
	Plomo	mg/L				
	Sumatoria de los excedentes			2.34		
	<b>F1 Alcance</b>			<b>43</b>		
	<b>F2 Frecuencia</b>			<b>14</b>		
	<b>F3 Amplitud</b>			<b>8</b>		
Datos	N° de parámetros que no cumplen				3	
	N° total de parámetros a evaluar				7	
	N° de datos que no cumplen el ECA				4	
	N° total de datos				28	
	ICA-PE				73.51	
			Agua regular			

### **F1- Alcance**

F1= Número de parámetros que no cumplen los ECA Agua

Número total de parámetros a evaluar

$$F1 = 43$$

### **F2- Frecuencia**

F2= N° de parámetros que no cumplen el ECA Agua de los datos evaluados

Numero de datos evaluados

$$F2=14$$

### **F3 – Amplitud**

$$F3= \left( \frac{\text{Suma normaliza de excedentes}}{\text{Suma normaliza de excedentes} + 1} \right) * 100$$

$$F3 = 8$$

### Fórmula del ICA-PE

$$CCME_{wqi} = 100 - \left( \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right)$$

$$CCME = 100 - \left( \sqrt{\frac{8^2 + 43^2 + 14^2}{3}} \right)$$

$$CCM = 73.51$$

Tabla 6

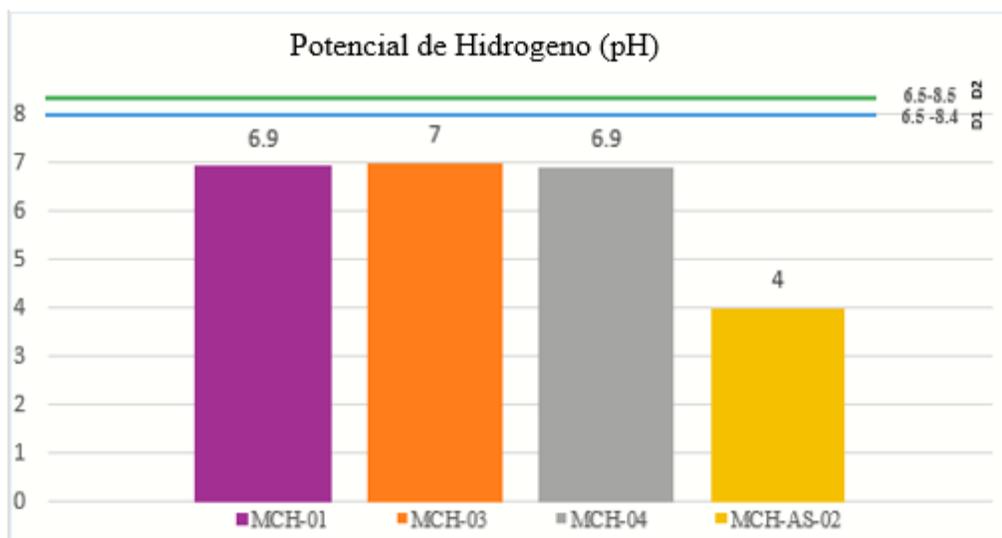
*Comparación de los metales pesados con el ECA de agua categoría 3*

Parámetro (Físico Inorgánicos)	Unidad de medida	Estación de Muestreo				D.S. N° 004-2017-MINAM	
		MCH-01	MCH-03	MCH-04	MCH-AS-02	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Conductividad	μS/cm	250	282	56.8	129.4	<b>2500</b>	<b>5000</b>
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.9	7	6.9	4	<b>6.5-8.5</b>	<b>6.5-8.4</b>
Arsénico Total (As)	mg/L	0.0075	0.0002	0.0008	0.0022	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
Cadmio Total (Cd)	mg/L	0.0014	0.00007	0.00032	0.00043	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>
Cobre Total (Cu)	mg/L	0.0124	0.0336	<b>0.5577</b>	<b>1.2647</b>	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>
Hierro Total (Fe)	mg/L	2.63	0.34	1.47	<b>5.32</b>	<b>5</b>	<b>**</b>
Plomo Total (Pb)	mg/L	0.00127	0.00005	0.00011	0.00029	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>

**Tabla 7**

*Comparación del pH y conductividad con ECA de agua*

Parámetro (Físicos-químicos)	Unidad de medida	Estación de Muestreo				D.S. N° 004-2017- MINAM	
		MCH -01	MC H-03	MC H-04	MC H-AS-02	D1:	D2:
						Riego de vegetales	Bebida de animales
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.9	7	6.9	4	6.5- 8.5	6.5- 8.4
Conductividad	μS/cm	250	282	56.8	129. 4	2500	5000



*Figura 3* Comparación del potencial de hidrógeno con el ECA de Agua

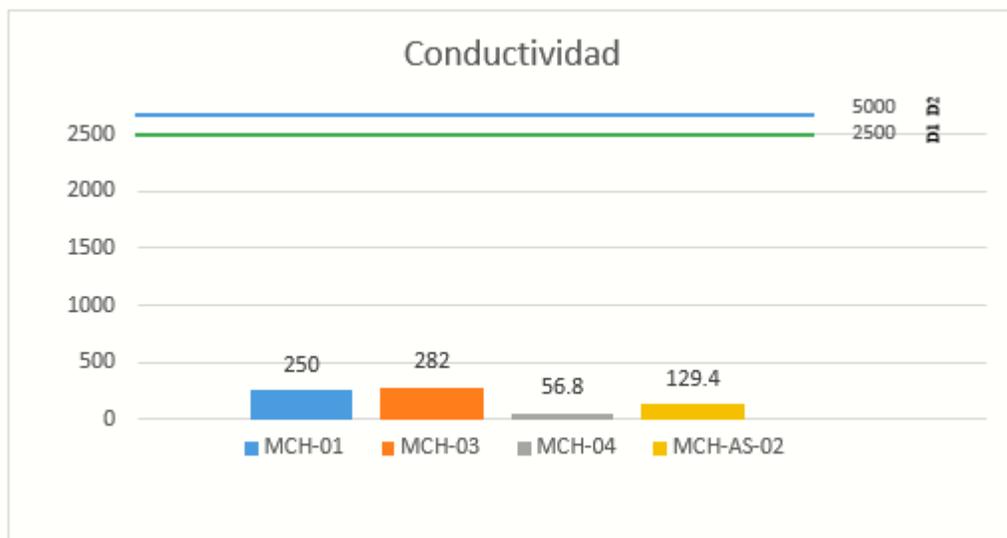


Figura 4. Comparación de la Conductividad con el ECA de Agua

**Tabla 8**

*Comparación del punto de muestreo MCH-01 con el ECA de agua*

Parámetros Físicos Inorgánicos	Unidad de medida	Estación de Muestreo	D.S. N° 004-2017-MINAM	
		MCH-01	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Cobre (Cu)	mg/L	0.0124	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>
Hierro (Fe)	mg/L	2.63	<b>5</b>	<b>**</b>
Arsénico (As)	mg/L	0.0075	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0014	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>
Plomo	mg/L	0.00127	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>

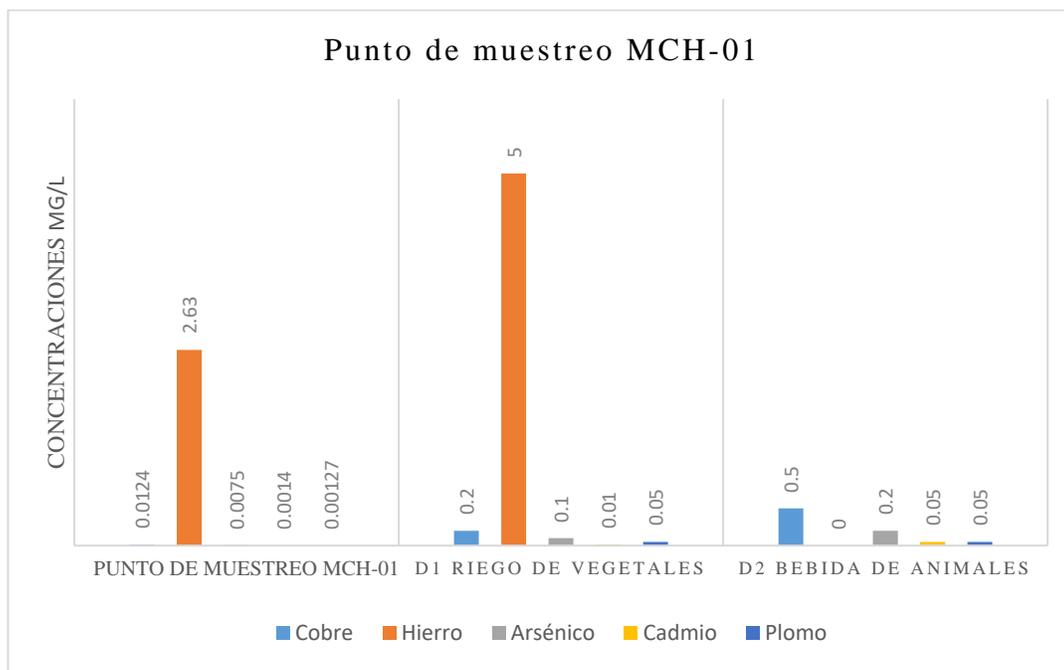


Figura 5. Comparación del punto de muestreo MCH-01 con el ECA de agua

Tabla 9

Comparación del punto de muestreo MCH-03 con el ECA de agua

Parámetros Físicos Inorgánicos	Unidad de medida	Estación de Muestreo MCH-03	D.S. N° 004-2017-MINAM	
			D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Cobre (Cu)	mg/L	0.0336	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>
Hierro (Fe)	mg/L	0.34	<b>5</b>	<b>**</b>
Arsénico (As)	mg/L	0.0002	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
Cadmio (Cd)	mg/L	0.00007	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>
Plomo (Pb)	mg/L	0.00005	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>

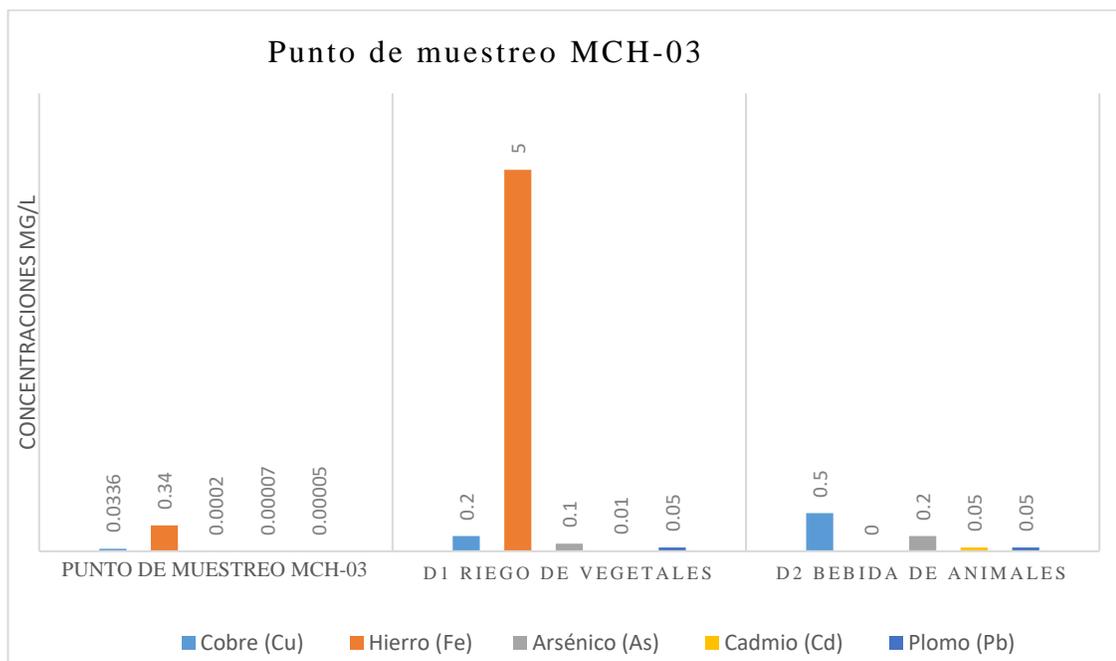


Figura 6. Comparación del punto de muestreo MCH-03 con el ECA de agua

**Tabla 10**

Comparación del punto de muestreo MCH-04 con el ECA de agua

Parámetros Físicos Inorgánicos	Unidad de medida	Estación de Muestreo  MCH-04	D.S. N° 004-2017-MINAM	
			D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Cobre (Cu)	mg/L	0.5577	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>
Hierro (Fe)	mg/L	1.47	<b>5</b>	<b>**</b>
Arsénico (As)	mg/L	0.0008	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
Cadmio (Cd)	mg/L	0.00032	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>
Plomo (Pb)	mg/L	0.00011	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>

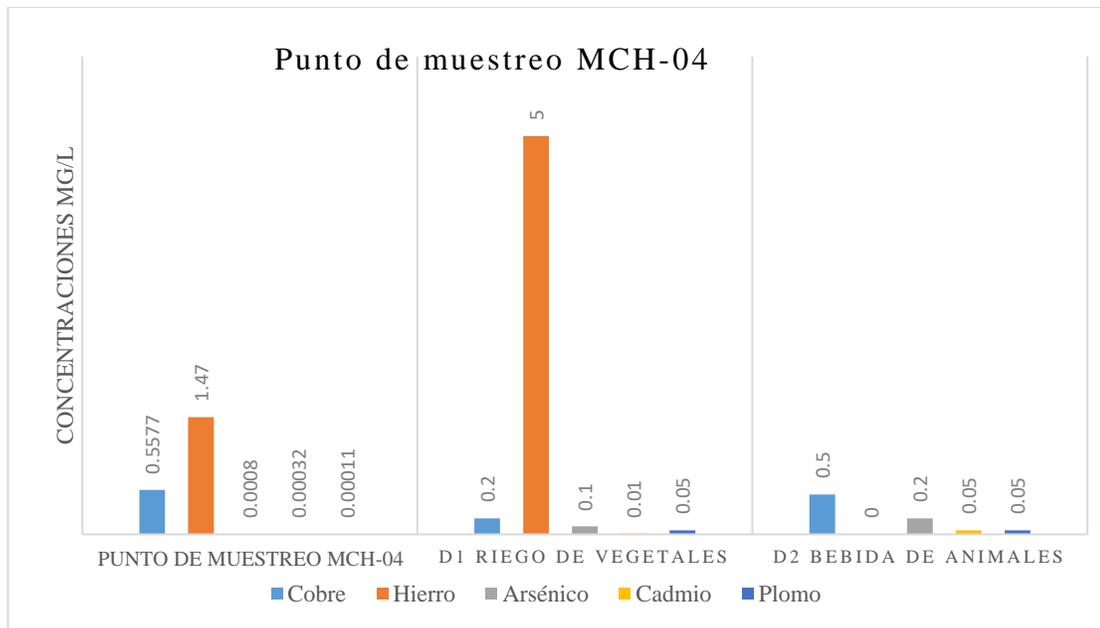


Figura 7. Comparación del punto de muestreo MCH-04 con el ECA de agua

**Tabla 11**

*Comparación del punto de muestreo MCH-AS-02 con el ECA de agua*

Parámetros Físicos Inorgánicos	Unidad de medida	Estación de Muestreo  MCH-AS- 02	D.S. N° 004-2017-MINAM	
			D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Cobre (Cu)	mg/L	1.2647	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>
Hierro (Fe)	mg/L	5.32	<b>5</b>	<b>**</b>
Arsénico (As)	mg/L	0.0022	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
Cadmio (Cd)	mg/L	0.00043	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>
Plomo (Pb)	mg/L	0.00029	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>

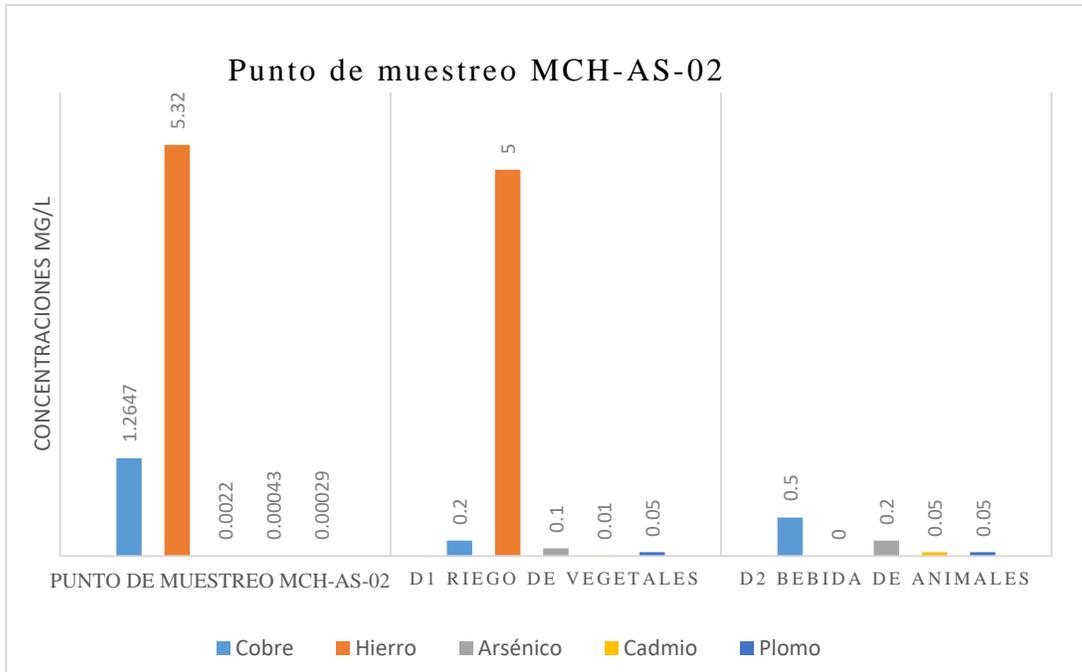


Figura 8. Comparación del punto de muestreo MCH-AS-02 con el ECA de agua

## CAPITULO IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Dentro de las limitaciones para el desarrollo de la presente investigación fue la falta de accesibilidad a la zona de estudio para la recolección de datos, debido a que atravesamos una crisis mundial causada por el covid-19, asimismo falta de información respecto a la minería Michiquillay.

El tamaño muestral para el desarrollo de la presente investigación fue de 4 muestras de agua en 4 puntos de monitoreo de los cuales se evaluaron las concentraciones de potencial de hidrógeno, conductividad, hierro, arsénico, cobre, cadmio y plomo; los cuales se comparó respectivamente con el ECA para agua categoría 3 subcategoría D1 y D2 riego de vegetales y bebida de animales.

Con el objetivo de evaluar la concentración de los metales pesados As, Cd, Cu, Fe y Pb en el río Michiquillay, 2020. Los resultados tienen un promedio de concentración de metales pesados de arsénico 0.0027mg/L, cadmio 0.0005 mg/L, cobre 0.4671 mg/L, hierro 2.44 mg/L, plomo 0.0004 mg/L, teniendo un  $CV > 50\%$  esto quiere decir, que tiene variabilidad muy alta con respecto a las concentraciones en los 4 puntos de muestreo del río Michiquillay. Estos resultados son respaldados por Salas (2014), entre ellos los contaminantes ambientales más tóxicos son los metales pesados debido a su permanencia y tendencia a acumularse en los organismos acuáticos.

Con la finalidad de identificar el estado de calidad del agua de los parámetros potencial de hidrógeno, conductividad, arsénico, cadmio, cobre, hierro y plomo mediante el ICA-PE, los resultados presentan una calificación de 73.51 encontrándose en el rango

de 45-74 representando un estado de agua regular según la (ANA, 2018) indica que la calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada por diferentes actividades humanas y muchos de los usos necesitan tratamiento.

Con el objetivo de comparar la concentración de los metales pesados As, Cd, Cu, Fe y Pb con los ECA para agua establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 3.

Los resultados del punto de muestreo MCH-01: (ver figura 5), MCH-03:(ver figura 6) MCH-04: (ver figura 7), MCH-AS-02: (ver figura 8). Se tiene que en el punto de muestro MCH-01 y MCH-03 todos los parámetros cumplen con lo establecido por el ECA de agua D1 riego de vegetales y D2 bebida de animales.

Por el contrario, el punto de muestro MCH-04 solamente arsénico, cadmio, hierro y plomo cumplen con el ECA de agua D1 riego de vegetales y D2 bebida de animales a excepción del cobre que excede el ECA de agua con un valor de 0.5577mg/L.

En el punto de muestro MCH-AS-02 arsénico, cadmio y plomo cumplen con lo establecido por el ECA de agua D1 riego de vegetales y D2 bebida de animales sin embargo el cobre y hierro excede el valor del ECA, el hierro con concentración de 5mg/L y cobre con 1.2647mg/L, de igual forma el potencial de hidrógeno excede con un valor de 4 indicando agua ácida debido a que en este punto hay más concentración de metales lo que hace que el pH sea ácido. De acuerdo con (Aduviri ,2018) nos dice que la mayoría de los yacimientos contienen mineralización de sulfuros metálicos. La pirita ( $\text{FeS}_2$ ) es uno de los sulfuros más comunes que en presencia de agua y oxígeno se oxida y libera acidez.

Estos resultados guardan relación con Llavilla (2018), donde el hierro tuvo una concentración de 18.288mg/L excediendo el ECA de agua categoría 3, según el autor esto se debe a las descargas proveniente de la actividad minera Aruntani. (Capacoila, 2017) en su estudio menciona que las altas concentraciones de metales se deben a la descarga incontrolada de las aguas residuales industriales y residuos sólidos.

De acuerdo con Tirado y Valverde (2019), el cobre tiene una concentración de 0,61 mg/L sobrepasando al ECA para agua categoría 3, menciona que se debe a la explotación minera informal en el lugar de Algamarca. Asimismo, con (Aguirre y Huamán, 2019), nos menciona que la actividad minera al cerrar sus operaciones en el año 2016, dejó como pasivo ambiental el drenaje de aguas ácidas subterráneas del interior de mina del Socavón Prosperidad causando contaminación en el recurso hídrico.

## 4.2 Conclusiones

Se describió la concentración de los metales pesados As, Cd, Cu, Fe y Pb en el río Michiquillay, 2020.

Se evaluó la concentración de los metales pesados con valores promedios el arsénico: 0.0027 mg/L, cadmio:0.0005 mg/L, cobre: 0.4671 mg/L, hierro: 2.44 mg/L y plomo: 0.0004 mg/L en el río Michiquillay, 2020 con respecto a los 4 puntos de muestreo.

Se identificó el estado de calidad del agua de los parámetros potencial de hidrógeno, conductividad, arsénico, cadmio, cobre, hierro y plomo mediante el ICA-PE, presentando un valor de 73.51 encontrándose en el rango de 45-74 lo que significa que el agua del río Michiquillay es regular.

Se comparó la concentración de los metales con el ECA para agua establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, categoría 3 subcategoría D1 y D2 riego de vegetales y bebida de animales, en el punto MCH-04 el Cu tiene una concentración de 0.5577 mg/L y en el punto MCH-AS-02 el Cu tiene 1.2647mg/L asimismo Fe una concentración de 5.32 mg/L, ambos exceden y no cumplen el ECA para agua.

## REFERENCIAS

- Aduviri, O. (2018). *Técnicas de prevención y control de la generación ácida en minería. Medio ambiente y minería.*
- Aguirre Cieza, W., & Huaman Flores, R. (2019). *Influencia del drenaje ácido de mina del pasivo ambiental San Nicolás en las aguas del río Tingo Maygasbamba, Hualgayoc-Cajamarca, 2019.* Cajamarca-Peru.
- ANA. (2018). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú (ICA – PE).*
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales.* Lima.
- Capacoila Coila, J. (2017). *Evaluación De La Concentración De Metales Pesados En Las Aguas Superficiales Del Río Coata Puno – Perú.* Puno,Peru.
- Carhuamaca Celedonio, J. M. (2018). *Influencia de los relaves en pasata de la empresa Aurex S.A en la reducción de impactos negativos al aire, agua y suelo en la comunidad de Yurajhuanca.* Cerro de Pasco.
- De Pierola, C. J. (2017). *El agua y su uso en minería y agricultura en el Perú, una primera aproximación.* Asociación Peruana de Ingeniería Hidráulica y Ambiental APHIA.
- Delgado, J., Rodríguez, M., & Díaz, M. (2018). Niveles de contaminación por metales pesados en el acuífero aluvial del Agrío en el entorno minero de Aznalcóllar (Sevilla) durante el periodo 2012-2018. *Sociedad Geológica España*, 47-57. Obtenido de [www.geogaceta.com](http://www.geogaceta.com)
- Fernández Cirelli, A. (2012). Esencial, El agua: un recurso. *Química Viva*(3), 147-170. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- Florez Lozano, H. H. (2016). *Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas de río Grande y su relación con la actividad minera. (Tesis de posgrado).* Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.
- Gonzalo, L. S. (2010). Metales pesados: Aportaciones al estudio toxicológico de especies y alimentos marinos en las islas canarias. *CIENCIAS Y TECNOLOGIAS*, 46.

- Grufides. (2019). *Conflicto minero Poryecto Michiquillay*. Cajamarca. Obtenido de [https://grufides.org/sites/default/files//Documentos/fichas\\_casos/CONFLICTO%20MINERO%20MICHICUILLAY%202019.pdf](https://grufides.org/sites/default/files//Documentos/fichas_casos/CONFLICTO%20MINERO%20MICHICUILLAY%202019.pdf)
- García, J. M., & Laffon, B. (2012). Genotoxic effects of lead: An updated. *Environment Internationa*, 2(4), 623–636.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxjb250YWR1cm1hcHVibGljYTk5MDUxMHxneDo0NmMxMTY0NzkxNzliZmYw>
- Llavilla Cayllahua, J. C. (2018). Evaluación de Metales Pesados en el Agua de los Ríos de Pataqueña y Chacapalca del Distrito de Ocuwiri, Lampa-Puno. *Científica de Investigaciones Ambientales*, 2(1), 53-63. Obtenido de <http://revistas.upsc.edu.pe/journal/index.php/RIAM/article/view/22/27>
- Londoño, L. F., Londoño, P., & Muñoz, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*.
- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM .- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Supervisión Especial efectuada en los pasivos ambientales Michiquillay de Activos Mineros S.A.C.* Obtenido de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=10064](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=10064).
- Organizacion Mundial de la Salud. (2006). *Guia para la calidad de agua potable*.
- Organizacion Mundial de la Salud. (31 de Marzo de 2017). *El mercurio y la salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
- Organizacion Mundial de la Salud. (23 de Agosto de 2019). Obtenido de Organizacion Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Pari Huaquisto, D. C. (2017). *Efectos de los Relaves Mineros en la Calidad del Agua del Río Ananea – Puno*. Peru.
- Peris Mendoza, M. (2006). *Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellon*. España.

- Quenta, A. C. (2015). *Precencia de metales pesados(Hg, As, Pb y Cd) en agua y leche en la cuenca del rio Coata 2015*. Puno.
- Rodríguez Heredia, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN*, 21(12), 3372.
- Rodriguez, M. G. (2009). *Biología y Geología*. ISBN: 978-84-92767-07-6.
- Salas Urviola, B. F. (2014). Determinación de metales pesados en las aguas del río Ananea debido a la actividad minera aurífera, Puno - Perú. *Instituto de la investigacion de la escuela de posgrado UNA-Puno*(5), págs. 47-53.
- Sempertegui Soriano, C. O., Ambrocio Sernaque, B. L., & Rudas Cabrera, C. A. (2018). *Determinacion de la concentracion de Mercurio, Cadmio, Arsenico, Plomo en el rio Saucicucho y efluente minero. San Miguel de Algamarca. Cajabamba. Febrero y Junio. 2018*. Cajamarca-Peru.
- Singh, P. K., & Tewari, R. K. (2003). ). Cadmium toxicity induced changes in plant water relations and oxidative metabolism of Brassica juncea L. plants. ). *Cadmium toxicity induced changes in plant water relations and oxidaJournal of Environmental Biology*, 24(1), 107- 112.
- Tanya Luz, V. A. (2018). *Evaluacion de la concentracion de metales pesados en las aguas superficiales del rio Ayaviri para fines de riego*. Puno.
- Tirado Rios, P. H., & Valverde Gomez, L. (2018). *Determinacion de la concentracion de Hierro, Manganeso y Cobre en agua del rio Chiminero de la provincia de Cajabamba*. Cajamarca- Peru.
- USGS. (20 de Febrero de 2021). *Earth Explorer*. Obtenido de Earth Explorer: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Vallarino, C. C. (2011). *Deteccion de metales pesados en agua*. Tonantzintla, Puebla.
- Vásquez, J. (2009). *Caracterización de la Variabilidad Espacial de las Propiedades Físicas y Químicas en los Suelos del Centro Experimental de la Universidad del Magdalena. Santa Marta. 120 p.* Obtenido de <https://journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/download/713/1365>
- Villanueva Alvarado, T. L. (2018). *Evaluación De La Concentración De Metales Pesados En Las Aguas Superficiales Del Río Ayaviri Para Fines De Riego*. Puno,Peru.
- Weinberg, J. (2010). *Introduccion a la contaminacion por Mercurio para las ONG*.

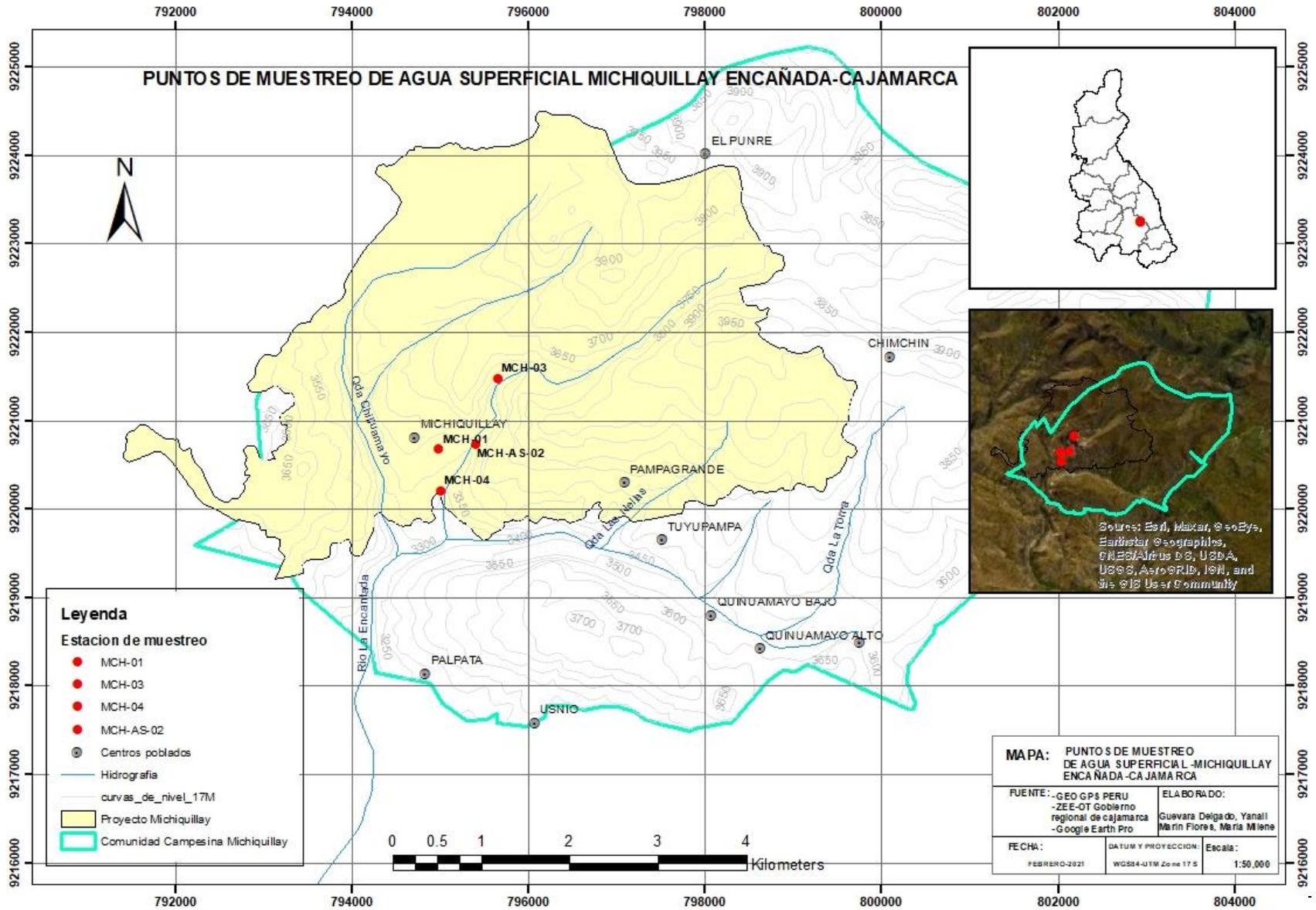
## ANEXOS

### Anexo N°1. Georreferenciación de estaciones de monitoreo



Fuente: (USGS, 2021)

Anexo N°2. Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial



Anexo N.º 3. D.S. N° 004-2017-MINAM Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	unidad de medida	D1. Riego de vegetales		D2. Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FISICO-QUIMICOS</b>				
Aceites y grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro wad	mg/L	0.1		0.1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	2500		500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.2		0.5
Fenoles	mg/L	0.002		0.01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)+ Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (Valor mínimo)	mg/L	$\geq 4$		$\geq 5$
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5-8.5		6.5-8.4
Sulfatos	mg/L	1000		1000
Temperatura	°C	$\Delta 3$		$\Delta 3$
<b>INORGANICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	unidad de medida	D1. Riego de vegetales		D2. Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0.1		0.2
Bario	mg/L	0.7		**
Berilio	mg/L	0.1		0.1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0.01		0.05
Cobre	mg/L	0.2		0.5
Cobalto	mg/L	0.05		1
Cromo total	mg/L	0.1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2.5		2.5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0.2		0.2
Mercurio	mg/L	0.001		0.01
Níquel	mg/L	0.2		1
Plomo	mg/L	0.05		0.05
Selenio	mg/L	0.02		0.05
Zinc		2		24

Anexo N°4 Data base resultados de monitoreo de agua superficial



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N°  
LE 022 INFORME DE ENSAYO N° MAR1007.R20



<b>SOLICITANTE :</b>	ACTIVOS MINEROS S.A.C.
<b>DOMICILIO LEGAL :</b>	Av. Prolongación Pedro Miota N° 421 Z.I. San Juan de Miraflores, Lima
<b>SOLICITADO POR :</b>	Emili Gómez Echavigurin
<b>SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:</b>	SSA N° 112-20 Cadena de Custodia N° 396-20/CERTIMIN
<b>REFERENCIA :</b>	Michiquillay La Encañada / Cajamarca / Cajamarca Monitoreo Mensual Calidad de Agua Superficial
<b>FECHA DE MUESTREO :</b>	2020/02/25
<b>MUESTRA TOMADA POR :</b>	CERTIMIN S.A.
<b>PROTOCOLO :</b>	IC-MON-016
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua Superficial
<b>NÚMERO DE MUESTRAS :</b>	4
<b>PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Frascos de polietileno refrigerados y sellados.
<b>CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS</b>	Muestra en buena condición para el análisis solicitado.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN :</b>	miércoles, 26 de Febrero de 2020
<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Según se indica.
<b>FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :</b>	2020-02-26 al 2020-03-03
<b>FECHA DE REPORTE :</b>	martes, 03 de Marzo de 2020
<b>PERIODO DE CUSTODIA :</b>	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

Fuente. Activos Mineros S.A.C.

*Jefe Ambiental*

*CQP. 729*

Lima, 3 de marzo de 2020

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

"Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A."

"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce". Los resultados corresponden a las muestras indicadas.

El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente. Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO  
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO  
N° MAR1007.R20

## RESULTADOS

Muestras		Elementos															
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA0460 Nor* WGS-84	MA0460 Est* WGS-84	MA0460 Altitud* msnm	MA0148 pH Unid de pH	MA0055 Conductiv. µmho/cm	MA0032 CN Total mg/L 0.005	MA0132 NO3-N mg/L 0.10	MA0058 Cr (VI) mg/L 0.01	MA0174 STS mg/L 5	MA0178 SO4= mg/L 1	MA0802 Ag (t) mg/L 0.00001	MA0803 Ag (d) mg/L 0.00001	MA0802 Al (t) mg/L 0.001	MA0803 Al (d) mg/L 0.001
1	MCH-01	2020-02-25 11:45	Agua Superficial	9220675	794982	3437	6.9	250.0	<0.005	0.11	<0.01	17	31	<0.00001	<0.00001	0.127	0.003
2	MCH-03	2020-02-25 09:20	Agua Superficial	9221477	795662	3543	7.0	282.0	<0.005	<0.10	<0.01	<5	6	<0.00001	<0.00001	0.221	0.043
3	MCH-04	2020-02-25 13:29	Agua Superficial	9220196	795006	3364	6.9	56.8	<0.005	<0.10	<0.01	10	20	<0.00001	<0.00001	0.591	0.005
4	MCH-AS-02	2020-02-25 10:38	Agua Superficial	9220731	795413	3454	4.0	129.4	<0.005	<0.10	<0.01	12	38	<0.00001	<0.00001	0.952	0.632

LD: Límite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.  
Las Coordenadas\*, Altitud\*, pH, Conductiv.: son mediciones realizadas en campo.  
Conductiv., pH, Medición realizada a la temperatura del cuerpo.

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO  
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO  
N° MAR1007.R20

Muestras		Elementos																			
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803
		As (t) mg/L 0.0001	As (d) mg/L 0.0001	B (t) mg/L 0.003	B (d) mg/L 0.003	Ba (t) mg/L 0.00005	Ba (d) mg/L 0.00005	Be (t) mg/L 0.0003	Be (d) mg/L 0.0003	Bi (t) * mg/L 0.02	Bi (d) * mg/L 0.02	Ca (t) mg/L 0.05	Ca (d) mg/L 0.05	Cd (t) mg/L 0.00005	Cd (d) mg/L 0.00005	Ce (t) mg/L 0.02	Ce (d) mg/L 0.02	Co (t) mg/L 0.00009	Co (d) mg/L 0.00009	Cr (t) mg/L 0.0005	Cr (d) mg/L 0.0005
1	MCH-01	0.0075	0.0015	0.004	0.004	0.00985	0.00186	<0.0003	<0.0003	<0.02	<0.02	47.42	47.25	0.00140	0.00022	<0.02	<0.02	0.00054	<0.00009	<0.0005	<0.0005
2	MCH-03	0.0002	0.0001	<0.003	<0.003	0.00461	0.00157	<0.0003	<0.0003	<0.02	<0.02	3.09	2.92	0.00007	<0.00005	<0.02	<0.02	0.00062	0.00051	<0.0005	<0.0005
3	MCH-04	0.0008	0.0003	0.005	<0.003	0.00883	0.00534	<0.0003	<0.0003	<0.02	<0.02	5.38	5.16	0.00032	0.00024	<0.02	<0.02	0.00272	0.00257	<0.0005	<0.0005
4	MCH-AS-02	0.0022	0.0007	<0.003	<0.003	0.01639	0.01393	<0.0003	<0.0003	<0.02	<0.02	5.82	5.53	0.00043	0.00041	<0.02	<0.02	0.00623	0.00592	<0.0005	<0.0005

\*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE\*



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO  
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO  
N° MAR1007.R20

Muestras		Elementos																			
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MA0802 Cu (t) mg/L 0.0001	MA0803 Cu (d) mg/L 0.0001	MA0802 Fe (t) mg/L 0.01	MA0803 Fe (d) mg/L 0.01	MA0802 Hg (t) mg/L 0.0001	MA0803 Hg (d) mg/L 0.0001	MA0802 K (t) mg/L 0.01	MA0803 K (d) mg/L 0.01	MA0802 Li (t) mg/L 0.004	MA0803 Li (d) mg/L 0.004	MA0802 Mg (t) mg/L 0.02	MA0803 Mg (d) mg/L 0.02	MA0802 Mn (t) mg/L 0.00005	MA0803 Mn (d) mg/L 0.00005	MA0802 Mo (t) mg/L 0.00005	MA0803 Mo (d) mg/L 0.00005	MA0802 Na (t) mg/L 0.01	MA0803 Na (d) mg/L 0.01	MA0802 Ni (t) mg/L 0.0005	MA0803 Ni (d) mg/L 0.0005
1	MCH-01	0.0124	0.0049	2.63	0.04	<0.0001	<0.0001	0.60	0.56	<0.004	<0.004	1.26	1.19	0.17272	0.02828	<0.00005	<0.00005	1.84	1.83	<0.0005	<0.0005
2	MCH-03	0.0336	0.0142	0.34	0.07	<0.0001	<0.0001	0.22	0.21	<0.004	<0.004	0.52	0.51	0.02708	0.01678	<0.00005	<0.00005	1.23	1.18	0.0006	0.0005
3	MCH-04	0.5577	0.2140	1.47	0.01	<0.0001	<0.0001	0.81	0.77	0.004	<0.004	1.18	1.11	0.05085	0.04230	<0.00005	<0.00005	1.73	1.67	0.0010	0.0008
4	MCH-AS-02	1.2647	1.2014	5.32	0.71	<0.0001	<0.0001	1.38	1.31	<0.004	<0.004	2.39	2.27	0.09561	0.09082	0.00011	<0.00005	2.20	2.20	0.0016	0.0015

TEL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO  
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO  
N° MAR1007.R20

Muestras		Elementos																			
N°	Codigo de Servicio	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803	MA0802	MA0803
	Elemento	P (t)	P (d)	Pb (t)	Pb (d)	Sb (t)	Sb (d)	SiO2 (t)	SiO2 (d)	Se (t)	Se (d)	Sn (t)	Sn (d)	Sr (t)	Sr (d)	Ti (t)	Ti (d)	Tl (t)	Tl (d)	U (t)	U (d)
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Limite de Detección LD	0.06	0.06	0.00005	0.00005	0.0001	0.0001	0.02	0.02	0.001	0.001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.01	0.01	0.0001	0.0001	0.00001	0.00001
1	MCH-01	<0.06	<0.06	0.00127	0.00011	0.0009	0.0009	9.17	8.83	<0.001	<0.001	<0.0001	<0.0001	0.1223	0.1075	<0.01	<0.01	<0.0001	<0.0001	0.00002	0.00002
2	MCH-03	<0.06	<0.06	0.00005	<0.00005	<0.0001	<0.0001	8.04	7.98	<0.001	<0.001	<0.0001	<0.0001	0.0250	0.0234	<0.01	<0.01	<0.0001	<0.0001	<0.00001	<0.00001
3	MCH-04	<0.06	<0.06	0.00011	<0.00005	0.0001	0.0001	12.07	11.38	<0.001	<0.001	<0.0001	<0.0001	0.0330	0.0313	<0.01	<0.01	<0.0001	<0.0001	<0.00001	<0.00001
4	MCH-AS-02	<0.06	<0.06	0.00029	0.00008	0.0001	0.0001	19.17	18.22	<0.001	<0.001	<0.0001	<0.0001	0.0373	0.0355	<0.01	<0.01	<0.0001	<0.0001	0.00002	<0.00001

TEL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE





Anexo N°6 Protocolo para toma de muestras de calidad de agua

 <b>PROTOCOLO PARA TOMA DE MUESTRA DE CALIDAD DE AGUA</b>				
ETAPA		Actividades	Responsable	Comentarios
1	---	Inicio	---	---
2	TRABAJO PREVIO A LA TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO	Verificación de equipos en campo: Verificación de pH Verificación de conductividad Verificación de oxígeno disuelto Verificación turbidez Verificación cloro libre/cloro total Verificación de salinidad Verificación de Sólidos Sedimentables	Monitorista	1. pH: realizar la verificación utilizando soluciones buffer de pH = 4.00, pH = 7.00 y pH = 10.00. 2. Conductividad: utilizar solución de 1413 µS/cm y para el control la solución 1000 µS/cm dependiendo del equipo. 3. Oxígeno disuelto: usando los equipos de medición WTW, HACH se procederá acuerdo a las indicaciones de sus manuales, con solución de oxígeno zero de acuerdo a la tabla 4020-I. Y se debe realizar y registrar la lectura del duplicado de campo por lo menos de una muestra. 4. Turbidez: realizar la verificación utilizando standard de 20, 100 y 800 NTU para el control 10NTU 5. Cloro libre/ Cloro total: realizar la verificación utilizando standard preparado de 0.64 mg/l cl ( rango bajo) o 3.8 mg/l cl (rango Alto) 6. Salinidad: realizar la verificación con una solución 35‰ y el control 35‰, 3.5‰ y 0.35‰. 7. Sólidos Sedimentables: realizar la verificación con una solución preparada según el nivel (1 ml/l, 5 ml/l) o con material de referencia.
3		Observación del punto de muestreo y cuerpo de agua	Monitorista	Al llegar al punto de muestreo se debe hacer una observación previa del lugar, para establecer el punto más apropiado para recolectar la muestra. Anotar las observaciones del cuerpo de agua (color, olor, presencia de residuos, vegetación acuática ó ribereña, actividades humanas, presencia de animales, etc). Tomar lectura de las coordenadas del punto de muestreo e indicar el sistema al cual corresponde y fotografías.
4		Lectura de parámetros de campo	Monitorista	Tomar lectura de los parámetros de campo (T, pH, C.E, salinidad, O.D, turbidez, cloro libre etc). Las mediciones pueden ser realizadas directamente en el cuerpo de agua siempre, según las condiciones lo permitan, de lo contrario tomar una muestra en un recipiente apropiado para lecturas considerando que la lectura del O.D se debe realizar de manera inmediata. Para la conductividad se debe realizar dos mediciones por muestra. Según el requerimiento la lectura del caudal podrá ser realizado considerando los criterios antes mencionados. Para la toma de medición de parámetros de campo, el número de muestras duplicadas representa el 10% del total del grupo de muestras analizadas para el parámetro determinado.
5		Toma de muestra según matriz	Monitorista	Agua Superficial: Ubicarse en un lugar que presente un flujo sin turbulencia y de profundidad homogénea, que permita el aforo. Ubíquese de frente aguas arriba, para evitar la contaminación del agua por sedimentos. Agua residual: usar guantes descartables de primer uso y mascarilla bucal, si el punto de muestreo es profundo o distante se puede hacer uso de una pérgola telescópica. Una vez tapado el envase desinfectar la superficie de este con algodón embebido en alcohol y guardarlo en una bolsa plástica para evitar una contaminación. Agua potable: la ubicación de los puntos de monitoreo en agua potable dependerá del tipo de abastecimiento a los usuarios. (En grifo o válvula, tanque de almacenamiento, poco profundo) Si estuviera en campo realizando los servicios de monitoreo y los equipos fallan; detener las mediciones de campo; dar aviso al cliente y a su supervisor de forma inmediata y solicitar equipos de recambio. Una vez los tenga realizar las verificaciones correspondientes y retomar el servicio de monitoreo.
6	TRABAJO DURANTE LA TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO	Toma de muestra según parámetro	Monitorista	a. Parámetros Microbiológicos: El monitor debe usar mandil limpio, mascarilla bucal, guantes descartables y cobertor de cabello. Estos parámetros requieren de frascos de plástico o vidrio previamente esterilizados. Durante la toma de muestras, los frascos no deben ser enjuagados, debe desatarse el menor tiempo posible, también requieren dejar un espacio libre de aproximadamente 2.5 cm en la superficie (3/4 partes del volumen). No colocar contratapa a los frascos con muestra, desinfectar la superficie del envase con alcohol y guardarlo en una bolsa plástica. b. Parámetros Hidrobiológicos y Parasitológicos: estas muestras deben ser tomadas en los envases sin enjuagar previamente. c. Parámetros Físico Químicos - inorgánicos: Estas muestras pueden ser tomadas en frascos de plástico directamente del cuerpo de agua. Tener presente que antes de llenar el envase con la muestra hay que enjuagarlo mínimo tres veces con el agua que se va a recoger. d. Ver DCI-MA-04 (Tipo de envase, volúmenes, preservación y almacenamiento).
7		Control de calidad de campo	Monitorista	1. Blanco Viajero: 01 blanco viajero por SSA por ensayos fisicoquímicos. 01 blanco viajero por SSA por ensayos microbiológicos. 2. Blanco de campo: 01 blanco de campo por SSA. 3. Muestra Duplicado de campo: Ensayos fisicoquímicos (metales). El número de muestras duplicadas representa el 10% del total del grupo de muestras analizadas para el parámetro determinado. En ensayos hidrobiológicos (cuando aplique).
8		Preservación y sellado de muestras	Monitorista	1. Una vez tomada la muestra de agua, se procede a adicionar el preservante (Ver DCI-MA-04) 2. Después de recoger la muestra de agua colocar la contratapa (ensayos fisicoquímicos), la tapa asegurando fuertemente el envase. La tapa viene con arandela de seguridad de fábrica.
9		Registro de parámetros de campo de agua	Monitorista	Registrar: 1. Nombre de la estación de muestreo, descripción, fecha, hora, Ubicación geográfica, valores de parámetros de campo (pe. temperatura, conductividad, pH, caudal) y observaciones al momento de la toma de muestra.
10		Registro de cadena custodia para muestras de agua	Monitorista	Registrar: 1. Nombre de la estación de monitoreo, fecha, hora, la matriz (tipo de agua), los parámetros a analizar en el laboratorio, observaciones (descripción del punto) y los controles de calidad necesarios para muestreo según DCI-MON-04. Ambos registros FC-09-09-06 y FC-09-04-40, deben ser firmados por el monitor responsable y la persona encargada de designar los puntos y parámetros tomados. Para parámetros hidrobiológicos llenar en el FC-09-04-115
11		Registro de reporte de ocurrencias	Monitorista	Registrar las coordinaciones adicionales a las realizadas previamente con el cliente así como algún detalle sucedido durante el monitoreo realizado.
12	TRABAJO POSTERIOR A LA TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO	Limpieza del lugar de muestreo	Monitorista	Al finalizar el muestreo se debe: 1. Limpiar todo equipo empleado, guardar y embalar, para que se mantenga en buenas condiciones de funcionamiento durante el transporte, estos serán recepcionados por los responsables de Equipos de Monitoreo Ambiental quienes se encargaran de la verificación, revisión y la firma del formato de equipos y/o materiales. 2. Verificar que no quede residuo ajeno a la zona de trabajo por causa de la operación de monitoreo.
13		Embalaje y envío de equipos	Monitorista	Las muestras se trasladan a la brevedad posible al Laboratorio (de acuerdo al instructivo Transporte de Muestras y/o Equipos de Monitoreo donde se realizará el análisis respectivo). Al concluir el trabajo de muestreo, las muestras, blanco viajero, blanco de campo y el duplicado de campo (cuando aplique) son colocadas en forma vertical dentro del cooler, junto con los refrigerantes.
14		Envío de muestras al laboratorio	Monitorista	
		Fin	---	---

Fuente: Activos Mineros SAC

## Anexo N° 7 Condiciones para muestreo y preservación de muestras de agua



Esta tabla proporciona información para muestras en general, para aquellas que requieran un tratamiento especial en su manipulación y preservación se debe revisar la bibliografía de los métodos a aplicarse para un mayor detalle

Determinación	Envase	Volumen min. de muestra (mL)	Condiciones de Muestreo	Conservación y/o Preservación	Tiempo máx. de Almacenamiento	Observaciones adicionales
Metales Totales (excluyendo mercurio)	P, V	500	Enjuagar 03 veces.	Añadir HNO <sub>3</sub> (1:1) hasta pH<2	6 meses	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Metales Disueltos (excluyendo mercurio)	P, V	500	Enjuagar 03 veces. Filtrar en membrana 0,45 µm inmediatamente y luego preservar; caso contrario trasladar la muestra dentro de las 24 horas al laboratorio sin preservar y en cadena de frío.	Añadir HNO <sub>3</sub> (1:1) hasta pH<2	6 meses	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
pH (Campo)	P, V	50	In situ	Analizar inmediatamente	0,25 h	Análisis a realizar por CERTIMIN S.A.
Conductividad (campo)	P, V	500	In situ	Analizar inmediatamente	*****	Análisis a realizar por CERTIMIN S.A.

Fuente: Activos Mineros SAC