

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Evaluación Ex Post de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial PQ1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca, para determinar su calidad después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca, distrito de Yanahuanca-Pasco-2022**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autor:**

**Bach. Royer Daninn AIRE DE LA VEGA**

**Asesor:**

**Mg. Rosario Marcela VÁSQUEZ GARCÍA**

**Cerro de Pasco - Perú - 2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Evaluación Ex Post de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial PQ1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca, para determinar su calidad después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca, distrito de Yanahuanca-Pasco-2022**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Lucio ROJAS VÍTOR**  
**PRESIDENTE**

---

**Msc. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Mayvi Deysi USCUCUAGUA CORNELIO**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida, y así poder dejar huellas en el sendero de la tierra, a mis padres; Samuel Aire y Genoveva de la Vega por ser mi mayor fortaleza, y por su apoyo incondicional durante el proceso de mi formación Profesional. A ellos con mucho amor y gratitud.

## **AGRADECIMIENTO**

A los docentes del programa de estudios de Ingeniería Ambiental Oxapampa que me transmitieron sus conocimientos y sus grandes paradigmas de vida.

A mis Ex colegas de estudio por su gran apoyo emocional y académico en el desarrollo de mi estudio universitario.

Y no se puede pasar a la siguiente hoja sin dejar de agradecer a mis hermanos, familiares y amigos (as) quienes confiaron en mi persona.

## RESUMEN

La presente tesis se realizó la evaluación Ex Post de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada Ayawilca que corresponden al área de influencia ambiental del proyecto de exploración minera Ayawilca, donde se generó un conflicto socio ambiental respecto al recurso hídrico, el objetivo fue determinar la calidad del agua después de las actividades de exploración minera, considerando como punto referencial inicial la línea base ambiental del primer estudio de impacto ambiental semi detallado del año 2013. Para tal efecto se empleó la metodología descriptivo, analítico y correlacional; la muestra estuvo conformado por cuatro puntos de muestreo descritos inicialmente, donde se recolectó las muestras de acuerdo a la R.J N° 010-2016/ANA Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, así mismo se comparó los resultados con el D.S. 004-2017/MINAM estándares de calidad del agua (ECA) para la categoría tres; riego de vegetales y bebida de animales. Finalizado la investigación se pudo determinar que en términos ECA todos los parámetros de calidad del agua cumplen para la categoría tres, con excepción del Manganeso (Mn) que en el Puquial Pq1 excede el valor referencial en la línea base y evaluación Ex Post, no obstante, se apreció una variación porcentual de 130 % a 200% de metales como: Fe, Zn, Mn y Mg, concluyendo que es por su presencia del metal en el suelo y geología en el área de estudio y por las actividades de construcción de plataformas. Asimismo, se concluye que el conflicto socio ambiental generado se debe al desconocimiento de los pobladores del estado de la calidad del agua antes del inicio del proyecto, por pasivos ambientales existentes en el área de influencia ambiental y por interés de grupos sociales con fines económicos.

**Palabras clave** calidad de agua, conflicto socio ambiental y Minería.

## ABSTRACT

The present thesis was carried out the Ex Post evaluation of physical, chemical and microbiological parameters of the water sources; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 and the stream of the Ayawilca stream that correspond to the area of environmental influence of the Ayawilca mining exploration project, where a socio-environmental conflict was generated regarding the water resource, the objective was to determine the quality of the water after the mining activities. mining exploration, considering as the initial reference point the environmental baseline of the first semi-detailed environmental impact study of 2013. For this purpose, the descriptive, analytical and correlational methodology was used; The sample consisted of four sampling points initially described, where the samples were collected according to R.J N° 010-2016/ANA National Protocol for Monitoring the Quality of Superficial Water Resources, likewise the results were compared with the D.S. 004-2017/MINAM water quality standards (ECA) for category three; watering vegetables and drinking animals. Once the investigation was completed, it was possible to determine that in ECA terms all the water quality parameters meet for category three, with the exception of Manganese (Mn) which in Puquial Pq1 exceeds the reference value in the baseline and Ex Post evaluation, however , a percentage variation of 130% to 200% of metals such as: Fe, Zn, Mn and Mg was appreciated, concluding that it is due to its presence of the metal in the soil and geology in the study area and due to platform construction activities. . Likewise, it is concluded that the socio-environmental conflict generated is due to the lack of knowledge of the inhabitants of the state of water quality before the start of the project, due to existing environmental liabilities in the area of environmental influence and due to the interest of social groups for economic purposes.

**Keywords:** water quality, socio-environmental conflict and mining

## INTRODUCCIÓN

El agua es de vital importancia para la supervivencia de todo ser vivo sobre la tierra, más aún para los seres con capacidad de discernir que los hace diferentes de las demás formas de vida. Hablamos de los seres humanos que poseen la capacidad de cuidar, proteger y aprovechar el recurso más valioso para el desarrollo y continuidad del proceso evolutivo en la faz de la tierra.

Cuando hablamos de agua, ser humano, desarrollo y sustentabilidad estamos en un escenario de compatibilidad, ya que, el agua satisface las necesidades más primordiales como; alimentación, higiene personal, componente de desarrollo en agricultura y ganadería, así mismo empleado en los sectores económicos como; minería, electricidad, manufactura etcétera. Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y riego (MINAGRI), el Perú es uno de los ocho países que cuenta con mayor cantidad de recurso hídrico, pero asimismo, también es uno de los primeros países en Latinoamérica y el mundo mayor exportador de recursos minerales (MINEM), que en sus procesos generan estragos en la calidad del agua y en la generación de conflictos socio ambientales en áreas de influencias donde opera, tal es la situación del proyecto de exploración minera Ayawilca, ubicado en la cordillera Occidental del Perú, en el departamento de Pasco, provincia Daniel Alcides Carrión, distrito de Yanahuanca, comunidad campesina San Juan de Yanacocha, puesto que después de nueve años de actividad se generó un conflicto socio ambiental entre la empresa Tinka Resources S.A.C (en adelante Tinka) titular del proyecto mención y la comunidad campesina san juan de Yanacocha, donde ambos escenarios se torna en discrepancia entre ambas partes sobre la calidad de agua de la microcuenca de la quebrada de Ayawilca.

Por ello se desarrolla la presente tesis intitulado “Evaluación Ex Post de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca, para determinar su calidad después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca, distrito de Yanahuanca-Pasco-2022” cuyo objetivo es evaluar parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua para determinar la variabilidad del recurso hídrico en la microcuenca de la quebrada Ayawilca, después de las actividades (en adelante evaluación Ex Post) de exploración minera Ayawilca y comparar los resultados con la línea base ambiental del primer estudio de impacto ambiental semi detallado (en adelante Ex ante) y con el D.S. 004-2017/MINAM-Estándares de calidad de agua categoría tres, riego de vegetales y bebida de animales (en adelante ECA C3) buscando dar veracidad a uno de las aseveraciones expuestas en el conflicto socio ambiental mediante fundamentos técnicos y científicos.

La presente tesis está organizada de la siguiente manera:

**CAPÍTULO I:** Problema de investigación, en este apartado se identifica el problema del estudio, delimitación, formulación de objetivos, justificación y sus posibles limitaciones.

**CAPÍTULO II:** Marco teórico, en el acápite en mención se habla de los antecedentes del proyecto de tesis, sustento teórico, definición de términos, planteamiento de hipótesis y planteamiento de variables.

**CAPÍTULO III:** Metodología y técnicas de investigación, en el acápite se aborda acerca de la metodología del estudio, como se llegará al desarrollo.

**CAPÍTULO IV:** Resultados y Discusión de resultados, se presentan los resultados obtenidos de la investigación y discusión de estos.



En el último acápite se presentan las conclusiones de la investigación, recomendaciones, bibliografía citada y anexos.

**El Autor.**

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	3
1.3. Formulación del Problema.....	3
1.3.1. Problema general.....	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Formulación de Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación de la investigación.....	4
1.5.1. Justificación Teórica.....	4
1.5.2. Justificación Social.....	4
1.5.3. Justificación Económica.....	5
1.5.4. Justificación Ambiental.....	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	6

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de estudio .....	7
2.1.1. Internacionales .....	7
2.1.2. Nacionales .....	8
2.2. Bases teóricas - científicas .....	9
2.2.1. El agua.....	9
2.2.2. Conflictos socio ambientales en el sector minero .....	14
2.2.3. Minería .....	15
2.2.4. Actividades de exploratorias .....	16
2.2.5.. Marco legal.....	18
2.3. Definición de términos básicos .....	21
2.4. Formulación de hipótesis .....	24
2.4.1. Hipótesis general .....	24
2.4.2. Hipótesis Específicos .....	24
2.5. Identificación de Variables .....	24
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	25

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación .....	26
3.2. Nivel de investigación.....	26
3.3. Métodos de investigación.....	27
3.3.1. Lugar de ejecución .....	27
3.2.2. Método .....	29
3.4. Diseño de investigación .....	31
3.5. Población y muestra .....	32
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	35

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación .....	36
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	36
3.9. Tratamiento Estadístico.....	36
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	36

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADO Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	37
4.1.1. Descripción de puntos de muestreo.....	37
4.1.2. Toma de muestra .....	38
4.1.3. Calidad de agua .....	38
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	38
4.3. Prueba de Hipótesis.....	50
4.4. Discusión de resultados.....	54

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tipos de contaminantes, fuentes de contaminación e indicadores.....	10
Tabla 2	Clasificación del agua según su dureza.....	11
Tabla 3:	Operacionalización de variables.....	25
Tabla 4	Vías de acceso al proyecto Ayawilca. – Ruta Oyón.....	28
Tabla 5	Vías de acceso al proyecto Ayawilca-Ruta Pasco.....	28
Tabla 6	Metodología de análisis de los parámetros.....	30
Tabla 7	Cuerpos de agua dentro de área de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto de exploración Ayawilca. ....	32
Tabla 8	Ubicación de muestras de agua .....	33
Tabla 9	Resultados de parámetros de campo de línea base y evaluación Ex Post. ....	39
<i>Tabla 10</i>	<i>Resultados de Aniones de línea base y evaluación Ex Post.....</i>	<i>40</i>
Tabla 11	Resultados de parámetros orgánicos de línea base y evaluación Ex Post. ....	40
Tabla 12	Resultados de metales totales de línea base y evaluación Ex Post.....	41
Tabla 13	Resultados de parámetros microbiológicos de línea base ambiental y evaluación Ex Post. ....	42
Tabla 14	Tabla de prueba de hipótesis. ....	51
Tabla 15	Contingencia.....	52
Tabla 16	Instrumento de recolección de datos. ....	8
Tabla 17	Informe de ensayo desarrollado por el laboratorio AGQ Labs .....	13

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Etapas del ciclo minero. ....	15
Gráfico 2 Plataformas de perforación Minera .....	17
Gráfico 3 Taladro de perforación diamantina. ....	18
Gráfico 4 Ubicación política del proyecto de exploración Ayawilca.....	27
Gráfico 5 Mapa de Población de estudio.....	33
Gráfico 6 Mapa puntos de muestreo de agua .....	33
Gráfico 7 Mapa de Ubicación geográfica de muestra del estudio.....	34
Gráfico 8 Mapa de Microcuencas donde se encuentra superpuesto el proyecto Ayawilca.....	35
Gráfico 9 Gráfico de valores de pH y ECA C3 .....	43
Gráfico 10 Gráfico de Conductividad eléctrica y ECA C3. ....	44
Gráfico 11 Gráfico de Oxígeno Disuelto y ECA C3.....	44
Gráfico 12 Gráfico de Nitratos y ECA C3. ....	45
Gráfico 13 Gráfico de valor de Sulfatos y ECA C3. ....	45
Gráfico 14 Gráfico de valores de manganeso y ECA C3.....	46
Gráfico 15 Gráfico de valores de Arsénico y ECA C3. ....	47
Gráfico 16 Gráfico de valores de Plomo y ECA C3. ....	47
Gráfico 17 Valores de Zinc y ECA C3.....	48
Gráfico 18 Valores de Aluminio y ECA C3.....	48
Gráfico 19 Valores de Magnesio y ECA C3. ....	49
Gráfico 20 Valores de Bario y ECA C3. ....	49
Gráfico 21 Valores de Escherichia coli y ECA C3. ....	50
Gráfico 22 Variación porcentual de Hierro (Fe) según datos históricos de monitoreos ambientales.....	53

Gráfico 23 Variación tendencial de pH de evaluación Ex Post respecto a línea base....	53
Gráfico 24 Variación tendencial de Manganeseo (Mn) de evaluación Ex Post respecto a línea base .....	54
Gráfico 25 Mapa de Resultados de Manganeseo. ....	15
Gráfico 26 Mapa de componentes del proyecto de exploración minera Ayawilca.....	16
Gráfico 27 Mapa de Puntos de Monitoreo. ....	17
Gráfico 28 Mapa de uso actual de suelo en la microcuenca de la Qda. Ayawilca.....	18
Gráfico 29 Mapa de Dirección de flujo de agua subterránea .....	19
Gráfico 30 Mapa Dirección de flujo de agua superficial y recarga.....	20
Gráfico 31 Fotografía de Puntos de monitoreo de agua In situ.....	21
Gráfico 32 Fotografía recolección de muestras de agua. ....	22
Gráfico 33 Equipos y materiales usados en la investigación. ....	23

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

El agua es uno de los recursos de mayor importancia e indispensable para la supervivencia del ser humano sobre la faz de la tierra, pero que en la actualidad a nivel mundial se ha visto afectado por las actividades antropogénicas, mermando su calidad y cantidad.

En el Perú, la minería es uno de los sectores económicos que genera grandes aportes al PBI nacional, pero que asimismo también es una de las actividades que genera mayor impacto negativo en el recurso hídrico, trayendo consigo problemas de incertidumbre y socio ambientales en áreas de influencia directa e indirecta donde opera el proyecto. Tal es el caso del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca, ubicado en el departamento de Pasco, provincia Daniel Alcides Carrión, distritos de San Pedro de Pillao y Yanahuanca. Puesto que; después de nueve años de actividad se han generado problemas socio ambientales con la comunidad campesina san juan de Yanacocha, relacionados con la disminución de calidad y cantidad del agua. Donde la empresa Tinka Resources S.A.C (Titular minero de



proyecto de exploración Ayawilca) mediante sus representantes manifiesta que; sus actividades no generan ningún impacto significativo hacia el medio ambiente, y que cuentan con nueve instrumentos de gestión ambiental aprobados, con la finalidad de prevenir, mitigar, corregir y controlar daños hacia el medio ambiente y que operan de acuerdo a la legislación Ambiental Peruana, asimismo revelan que el caudal del agua viene disminuyendo con el pasar de los años debido al cambio climático.

Por otra parte, los comuneros de la comunidad campesina San Juan de Yanacocha aseveran que la disminución de la calidad y cantidad de agua que se viene suscitando en el área de influencia ambiental del proyecto de exploración minera Ayawilca, es debido a que las actividades de perforación diamantina de la empresa Tinka, se viene desarrollando en cabeceras de la microcuenca de la quebrada Ayawilca, donde nace los riachuelos e infiltración para la generación de manantiales que son dotados para la agricultura, ganadería y consumo humano.

Vistos los dos escenarios de controversia, la investigación tuvo por finalidad, determinar si existe variabilidad de la calidad del agua después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca, Asimismo, se determinó si las actividades del proyecto en mención repercuten en la calidad del agua, para tal efecto se tomó como punto de referencia inicial- Ex Ante (Línea base física del estudio de impacto ambiental semi detallado del año 2013) y la evaluación Ex Post mediante monitoreo de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelos de la quebrada de Ayawilca.

## **1.2. Delimitación de la Investigación**

La investigación tiene contexto geográfico al área de influencia ambiental del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca, donde se ubican las fuentes de agua (Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelos de la quebrada de Ayawilca), que son dotados para consumo humano y para producción agrícola y ganadera en la microcuenca quebrada Ayawilca.

## **1.3. Formulación del Problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿De qué manera la evaluación Ex Post de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca determinará la calidad del agua después de las actividades de Exploración Minera Ayawilca?

### **1.3.2. Problemas específicos**

1. ¿Cuál es la composición física, química y microbiológica de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca, después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca?
2. ¿Cuál es la calidad de los parámetros físicos químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca, antes de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca?

## **1.4. Formulación de Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua: Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada Ayawilca, después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Evaluar la composición física, química y microbiológica de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada Ayawilca, después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca.
2. Determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca, antes de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca

## **1.5. Justificación de la investigación**

### **1.5.1. Justificación Teórica**

La investigación genera información valiosa para la toma de decisiones sobre la eficacia de los planes de manejo ambiental con que cuenta el Proyecto de Exploración Minera Ayawilca, así mismo para la población local que se encuentran asentados en el área de influencia ambiental, ya que poseen desconfianza acerca de los impactos que pueda estar generando el Proyecto de Exploración Minera Ayawilca.

### **1.5.2. Justificación Social**

En el año 2021 se ha generado un conflicto socio ambiental entre la comunidad campesina San Juan de Yanacocha y la empresa Tinka Resources

S.A.C (Titular del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca), a causa de la disminución de la calidad del agua en el área de influencia ambiental, lo cual se ha especulado por los lugareños que las actividades del proyecto minero vienen causando ciertos impactos negativos hacia el recurso hídrico y, por otra parte, la empresa asegura no haber causado ningún impacto. Ante este contexto, la investigación determina si el Proyecto de Exploración Minera Ayawilca viene repercutiendo en la calidad del agua y se arribó a conclusiones científicas, técnicas y excluir conflictos socio ambientales sin fundamentos.

### **1.5.3. Justificación Económica**

El agua es indispensable para los componentes de desarrollo en la comunidad de San Juan de Yanacocha, ya que sus actividades principales son; la agricultura y ganadería (ver en el gráfico N° 30). Por ello es indispensable la convivencia simbiótica entre el Proyecto de Exploración Minera Ayawilca y la agricultura - ganadería, ante este escenario la investigación buscó la sustentabilidad del recurso hídrico mediante la evaluación de parámetros físico, químicos y microbiológicos del agua.

### **1.5.4. Justificación Ambiental**

La cabecera de la microcuenca de la quebrada de Ayawilca es de vital importancia para la existencia de ecosistemas saludables y equilibrados para la parte media y baja de la microcuenca, siendo el agua el componente ambiental más importante, por ello es indispensable monitorear, analizar y planear medidas correctivas y preventivas, evitando daños a la ecología pura o por influjo ambiental que podría ocasionar las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca que se encuentra en su medio geográfico.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

Poca información y trabajos relacionados con el tema de investigación, dificultad a la hora de abordar el marco teórico, (antecedentes), una limitación de esta naturaleza puede servir como una oportunidad para incentivar a realizar nuevas investigaciones en la materia y aumentar información en la línea de investigación.

El caudal del agua no es considerado en la siguiente investigación ya que hay múltiples factores que lo determinan y se requiere una investigación específica para ello.

Costos muy altos en el análisis de parámetros de calidad de agua en laboratorio.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

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

Tanjal et al. (2017) *Recursos hídricos vs explotación minera: monitoreo de la calidad del agua como base de la gestión de lentes de agua dulce*. Desarrollado en la bahía de Samborombón en Argentina, tuvo como objetivo, evaluar el estado de los recursos hídricos frente a la explotación minera, en base al monitoreo de la calidad del agua de lentes de agua dulce alojados en cordones de conchilla, cotejando sus condiciones naturales y alteradas. Para lograr el cometido de la investigación se estableció una red de monitoreo, muestreando agua en sectores naturales de cordones de conchiles y de antiguas cantera de explotación. Los resultados derivados de la investigación revelan discordancia entre condiciones naturales y alteradas, poniendo en énfasis que los monitoreos ambientales son imprescindibles para evaluar variaciones en la calidad de agua como consecuencia de la actividad minera. (Esparza Gavilanes, 2019)

Esperanza Gavilanes (2019). La huella hídrica como indicador de sustentabilidad del uso del agua en taladros de perforación del proyecto minero de exploración avanzada cascabel en la provincia de Imbabura. Es necesario comprender y analizar la huella hídrica en las actividades del sector minero para poder gestionarla y forjar nexos favorables entre las empresas dedicadas a la exploración minera y las comunidades que se encuentran en el área influencia directa del proyecto. La investigación en mención tuvo como objetivo determinar la sustentabilidad en el consumo de agua y los daños ambientales generados en área de influencia directa en proyecto de exploración minera cascabel, esto se realizó mediante la evaluación de huella hídrica y sus componentes. La metodología tuvo enfoque cuantitativo con alcance descriptivo y de campo, para la recolección de datos se usó la técnica de entrevista. Los resultados revelan 0.04 l/s de huella hídrica azul, mientras que 0.21 l/s de huella hídrica gris, ambos indicadores no exceden el caudal ecológico, por otra parte, los análisis de calidad de agua indican que están bajo los límites permisibles. En conclusión, los procesos unitarios implantados de recirculación y tratamiento del agua ayudan a mermar la huella gris.

### **2.1.2. Nacionales**

Picoy Estrella (2018) *Factores que determinan el grado de contaminación de la cabecera de microcuenca del río tingo, en la quebrada de rumiallana*. La investigación en mención se desarrolló en la cabecera de la microcuenca del río Tingo donde se encuentran actividades mineras y desmontes de residuos sólidos. El objetivo fue determinar los factores que determinan el grado de contaminación de la cabecera de microcuenca río tingo, para tal efecto se realizó muestreo en diversos puntos de la quebrada rumillana, asimismo parte del recorrido del río tingo

considerándose como aguas arriba, se analizaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua. Los resultados que emanan de la investigación son; que la actividad minera (desmontes mineros, pozas sedimentación y drenajes de agua ácidas) tienen mayor incidencia en la contaminación del recurso hídrico y seguidamente de la acumulación de residuos sólidos y presencia de aguas servidas domésticas

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1. El agua**

El agua es el medio de vida de todos los seres vivos de la tierra, y está compuesto por dos moléculas de hidrógeno y uno de oxígeno, siendo su fórmula química  $H_2O$ . “Es el compuesto químico más abundante de la biosfera, aparte de ser una de las sustancias más importantes del medio natural, su abundancia y su importancia se deben a sus particulares propiedades fisicoquímicas” (Domènech & Peral, 2006, p. 19).

#### ***Propiedades del agua***

En su libro Manahan, (2006) afirma que el agua tiene varias propiedades importantes que son cruciales en su papel como disolvente, como medio de vida, el comportamiento ambiental y en usos industriales basadas en sus siguientes características de su molécula:

- ✓ La asimetría de la molécula.
- ✓ Su naturaleza polar.
- ✓ La capacidad de formar enlaces o puentes de hidrógeno.

Las propiedades físicas más importantes del agua son: “Organolépticas, calor específicas, calor de vaporización y las propiedades químicas son; elevado



fuerza de cohesión, incomprensible, elevado tensión superficial, capilaridad, densidad del agua” (Eustaquio Rojas, 2019, p. 18).

### ***Contaminantes del agua y parámetros de calidad***

Un contaminante es una sustancia que altera las propiedades físicas y químicas del agua, provenientes de diferentes fuentes naturales y antropogénicas, en la siguiente tabla 1 se muestran diferentes tipos de contaminantes.

**Tabla 1** Tipos de contaminantes, fuentes de contaminación e indicadores.

<b>Contaminantes</b>	<b>Ejemplos</b>	<b>Fuentes</b>	<b>Indicadores</b>
Sedimentos y sólidos	Fragmentos de roca, polvo, desechos, etc.	Suelo, actividad del hombre, industria	Turbidez
Radioactivos	Uranio, plutonio, etc.	Natural, clínico, etc.	Enfermedades tipo cáncer.
Microorganismos-patógenos	Bacterias, virus, protozoos y otros que transmiten enfermedades (cólera, tífus, hepatitis, etc.)	Heces y restos orgánicos infectados	Número de coliformes. Cero colonias de coliformes por 100 mL de agua.
Desechos orgánicos	Heces de hombre y animales (ganado, etc.) Residuos de comidas u otros originados por el hombre.	Actividad humana	Oxígeno disuelto, DBO, DQO. Eutrofización.

Tomado y adaptado de [Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring](#) (Chapman, 2021). □

### ***Métodos de análisis de parámetros de calidad***

Los parámetros de calidad de agua permiten establecer las características físicas y químicas del agua y conocer si la fuente de agua es apta para el consumo humano. Algunos de estos parámetros son las propiedades organolépticas: color, sabor y olor, la temperatura, los sólidos suspendidos, disueltos, turbidez etcétera (Castro Salazar, 2021).

### ***Sólidos totales***

Cuando se habla en términos de masa es el mayor fuente de contaminación acuática, según (Castro Salazar, 2021):

Son las partículas insolubles como; sedimento, material sólido orgánico e inorgánico, que están suspendidos en el agua. Los sólidos totales pueden ser sólidos suspendidos y sólidos disueltos; la primera se determina por el peso de sólidos obtenidos después de filtrar la muestra de agua y la segunda por la diferencia de peso que hay en la muestra de agua y el recipiente vacío. (p. 44).

### **pH, Conductividad eléctrica y Dureza**

El pH indica la concentración de iones hidronios en el agua y se usa como una medida de la naturaleza ácida o alcalina de una muestra acuosa. Un pH de 7 indica una solución neutra, un pH menor a 7 indica medio ácido y un pH mayor a 7 medio básico. Según la (Organización Mundial de la Salud, 2018) el pH óptimo para consumo humano oscila de 6.5 a 8.

Conductividad eléctrica “Es un parámetro que depende de la temperatura, es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad, e indica la materia ionizable total. Las unidades de la conductividad eléctrica se dan en siemens/cm” (Castro Salazar, 2021, p. 46).

La dureza y la conductividad “son los parámetros que están muy relacionados ya que las sales de magnesio y calcio son las más abundantes en las naturales y se presentan en fuentes antropogénicas y naturales” (Castro Salazar, 2021, p. 46). La clasificación de dureza del agua se presenta en la siguiente tabla 2.

**Tabla 2** Clasificación del agua según su dureza.

<b>Tipo de agua</b>	<b>Dureza total <math>\text{mg L}^{-1}</math> de <math>\text{CaCO}_3</math></b>
Suave	0-50
Moderadamente suave	50-100
Ligeramente duro	100 - 150
Moderadamente duro	150 - 250
Duro	250 - 350
Muy duro	>350

Nota: Extraído del libro química ambiental básica. (Castro Zalazar, 2021)

## **Turbidez**

Es la medida de la transparencia del agua.” La radiación que entra al agua se dispersa por la presencia de sustancias insolubles en suspensión, coloides, microorganismos” (Castro Salazar, 2021, p. 48). La unidad de medida de turbidez es en unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

## **Demanda de oxígeno**

El oxígeno disuelto es una medida de calidad del agua, determina el oxígeno disuelto en el agua, que son indispensables para la biota acuática. Según Castro Salazar, (2021):

El oxígeno disuelto presente en el agua es consumido rápidamente por la oxidación de la materia orgánica, formando dióxido de carbono más agua, en el análisis de oxígeno disuelto se establecen dos mediciones, principalmente, la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). Mientras que el DQO está relacionado con la oxidación química de los contaminantes del agua por dicromato en ácido sulfúrico; la DBO se refiere al grado de consumo de oxígeno durante la oxidación de contaminantes en el agua, llevada a cabo por microorganismos durante cinco días. (p. 49)

## **Análisis de nitrógeno**

Se introducen al agua por la lixiviación de los fertilizantes que son usados en la agricultura, agroquímicos que contienen nitrógeno.

Los iones que contienen nitrógeno pertenecen a los iones más comunes en las aguas y, por lo tanto, son uno de los principales indicadores de calidad, para determinación de nitratos, nitritos y amonio se puede hacer usando un equipo de espectroscopia UV-VIS. (Castro Salazar, 2021)

### **Análisis de fosforo soluble**

El fosforo soluble que se encuentran adheridos en cuerpos de agua tienen origen, inorgánico y orgánico:

Las especies inorgánicas incluyen ortofosfatos, polímeros lineales o polifosfatos y polímeros cíclicos o metafosfatos. Los compuestos orgánicos comprenden ésteres, fosfonatos, ácidos nucleicos, fosfolípidos, azúcares, proteínas, ácido aminofosfórico, fosfoamidas y otros. Los iones pirofosfato y tripolifosfato ( $O_7P_2^{+4}$  y  $O_{10}P_3^{-5}$ , respectivamente) son el primero y la segunda unidad de las cadenas lineales de polifosfatos formadas a partir de la condensación de ortofosfato. El fósforo orgánico generalmente se determina mediante la diferencia entre dos mediciones de fósforo soluble, antes y después de la digestión de la materia orgánica. El P disuelto total (PDT) incluye especies solubles como ortofosfato, polifosfato y fósforo orgánico, así como también especies coloidales y polímeros. (Castro Salazar, 2021)

### **Análisis de metales pesados usando espectroscopia de absorción de llama**

El método de análisis más común para la detección de metales pesados, tales como mercurio, cadmio y Plomo es la espectrometría de llama, (Castro Salazar, 2021):

Este método consiste en una llama, por lo general formada por una mezcla de acetileno/ aire, que permite la excitación de los componentes de la muestra y en la emisión de un rayo de luz que es traducida en una señal eléctrica. Asimismo, dentro de los métodos más comunes de preparación se incluyen métodos de digestión: húmeda, seca o asistida por microondas. De esta manera, este método espectroscópico tiene una amplia aplicación en lo

que refiere a la cuantificación de metales pesados, ya que permite el análisis de prácticamente todos los elementos de la tabla periódica. (p. 54)

### **2.2.2. Conflictos socio ambientales en el sector minero**

Es cuando se enfrentan dos tipos de cosmovisiones frente a la minería, Prado et al. (2013):

Se enfrentan diferentes concepciones del desarrollo. Mientras la posición de las empresas y del Estado se sustenta en su afirmación de promover el crecimiento económico y en la racionalidad utilitarista del mercado que desvincula la economía de los otros aspectos de la vida social, para las comunidades rurales la economía se encuentra insertada en un conjunto de relaciones recíprocas y construcciones simbólicas.

En la escena nacional los conflictos socio ambientales entre la actividad minera y las comunidades del área de influencia de estos proyectos son de tres tipos.

- Por el uso de fuentes de agua utilizadas para fines agropecuarios y que son derivadas a fines mineros.
- Por la contaminación de fuentes de agua.
- Por la gestión del agua en la cuenca.

La minería es uno de los sectores económicos que más impactos ocasiona en el recurso hídrico de las zonas donde interviene, ya que compite en el uso del agua con otras actividades como; ganadera, agrícola y el consumo humano. En la gran mayoría de casos devuelve estos recursos contaminados, sin que puedan ser utilizados en otras actividades, convirtiéndose en fuente de conflictos sociales. (Prado et al., 2013, p. 73)

### 2.2.3. Minería

Es una de las etapas de la actividad minera que consiste en la determinación de magnitud (reserva) y calidad (ley) de minerales que se encuentran en el yacimiento, en el siguiente gráfico se aprecia la exploración en la segunda etapa del ciclo minero.

**Gráfico 1** Etapas del ciclo minero.



Nota: todas las etapas están interrelacionadas, no se puede avanzar a una siguiente sin haber culminado la anterior. (*Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía - SNMPE*, s. f.)

#### **Fases del proyecto de exploración minero.**

##### **a) Fase de Pre- Operación**

Es la primera fase que consiste en actividades preliminares al inicio de las perforaciones, tales como; remoción de cobertura vegetales, almacenamiento de materia orgánica en pilas, construcción de caminos, adecuación de caminos existentes, construcción de almacenes para diferentes fines, instalación de campamento minero y oficinas administrativas, asimismo también, construcción de red de captación de agua, sistema de saneamiento y planta de tratamiento de aguas residuales. Entre otros componentes que servirán para la puesta en marcha de actividades del proyecto y para manejo responsable de componentes ambientales. (Melgarejo Reyes, 2009, pp. 71-72)

### **b) fase de operación**

Las actividades comprendidas en esta fase son: remoción y almacenamiento de suelo (top Soil) construcción de: plataformas para perforación, pozas de almacenamiento y sedimentación de agua, accesos a las plataformas, casetas para el personal y la instalación de baños químicos temporales. (Melgarejo Reyes, 2009, p. 57)

### **c) fase cierre y post-cierre**

En esta fase se pone en marcha el plan de cierre que fue propuesto en estudio de impacto ambiental, que permitirá recuperar los ecosistemas y componentes ambientales que fueron perturbados o modificados durante las etapas anteriores, así buscando volver a sus condiciones naturales o similares antes de su modificación. (Melgarejo Reyes, 2009)

#### **2.2.4. Actividades de exploratorias**

##### **a) Habilitación de accesos**

Es la actividad que consiste en la construcción de trochas carrozable y caminos peatonales hacia las plataformas de perforación, en algunos casos, si ya cuentan con caminos y trochas existentes que fueron construidos por los moradores solo se realiza una adecuación. (Melgarejo Reyes, 2009)

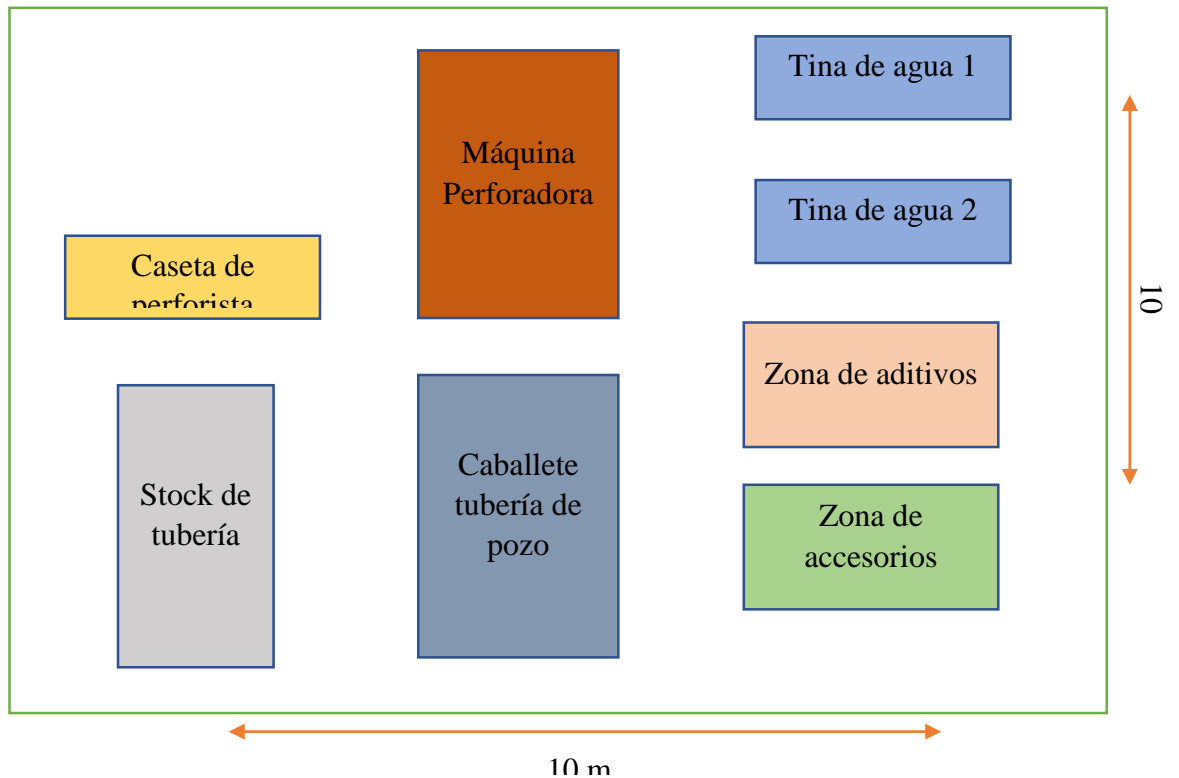
##### **b) Habilitación de plataformas de perforación**

Plataformas establecidas en el estudio de impacto ambiental y construidas en la campaña de perforación, empleando mano no calificada y semi calificada de personales locales del área de influencia social directa y en lugares abruptos y difícil de acceso con el uso de maquinaria. (Melgarejo Reyes, 2009).

Las plataformas más comunes construidas en proyectos de exploración mineras son de dimensiones 10 m de largo por 10 m de ancho, donde alojan a los

siguientes componentes; máquina perforadora, Stock de tubería HQ, NQ Y BQ, caballete de tubería de pozo, zona de aditivos, zona de accesorios, tinas de agua y caseta de perforista.

*Gráfico 2 Plataformas de perforación Minera*



Fuente: Extraído de (Melgarejo Reyes, 2009).

Adicionales a las plataformas de perforación se construyen pozas de lodos que son ubicados adyacentes a las plataformas, de dimensiones 4 m de ancho, 4 m de largo y 1 m de profundidad. Con la finalidad de sedimentación de partículas y trampa de grasas.

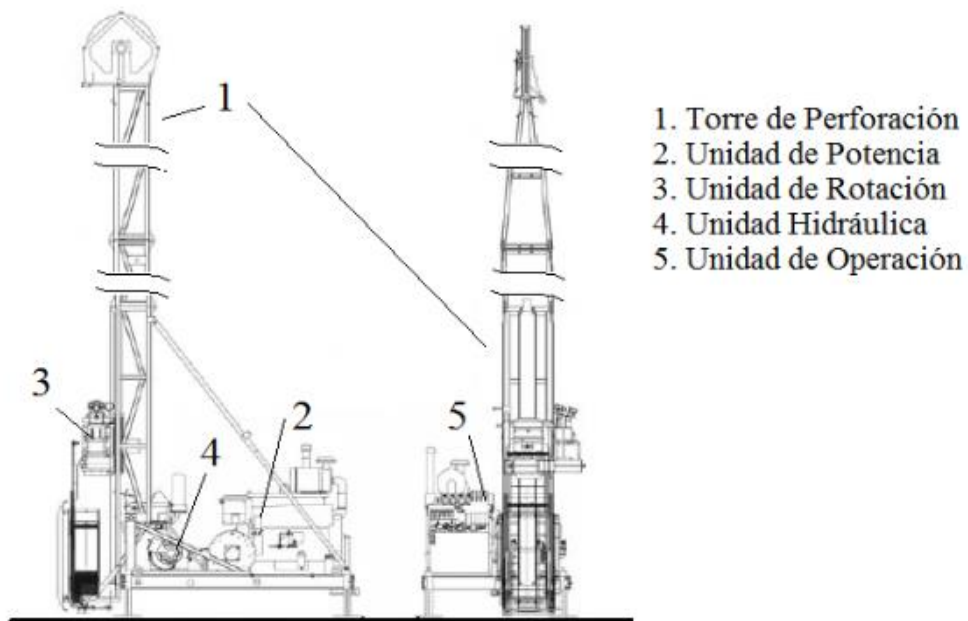
### **Perforación diamantina**

Carvajal et al, (2015) menciona que es una técnica que permite extraer muestras del subsuelo a diferentes profundidades, que dependen en gran parte de la capacidad del equipo de perforación, los equipos de perforación diamantina



operan principalmente con una unidad de potencia (motor de combustión o motor eléctrico), que impulsa un conjunto de bombas hidráulicas. La potencia hidráulica es utilizada para accionar el desplazamiento cuando: posee orugas o sistemas de auto - arrastre, elevación de la torre de perforación, rotación y avance del sistema de perforación, accionamiento de los malacates para el trabajo de sostenimiento de la tubería y recuperación del núcleo. (p. 45)

**Gráfico 3** Taladro de perforación diamantina.



Nota: en la ilustración se aprecia un “equipo de perforación hidráulico, el núcleo o testigo es un cilindro de roca con longitudes y diámetros variables, que va mostrando la conformación geológica del área de interés”. (Carvajal et al., 2015)

### **2.2.5.. Marco legal**

La investigación se elaboró aplicando la Constitución Política del Perú, reglamentos, decretos supremos, y finalmente instrumento de gestión ambiental regulado por el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

## **Constitución Política del Perú**

La Constitución Política del Perú, (1993) señala en el título I derechos fundamentales de toda persona.

En el Art. 2 - inciso 22 de la constitución política del Perú menciona que toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de su vida.

Por otra parte, mediante la ley N° 30558 ley de reforma constitucional que reconoce el derecho al acceso al agua como derecho constitucional incorpora al artículo 7 a la constitución política del Perú.

Artículo 7°-A.- “El Estado reconoce el derecho de toda persona al acceso de forma progresiva y universal al agua potable, asimismo, garantiza este derecho priorizando el consumo humano sobre otros usos, por otra parte, el Estado también promueve el manejo sostenible del agua, el cual se reconoce como un recurso natural esencial y como tal, constituye un bien público y patrimonio de la Nación. Su dominio es inalienable e imprescriptible”. (*Ley de Reforma Constitucional que reconoce el Derecho de Acceso al Agua como Derecho Constitucional-LEY-N° 30588, 2017*)

### **Art. 67 Política Nacional del Ambiente**

El estado determina la política nacional del medio ambiente, uso sostenible de recursos naturales. En el eje de política 1 conservación y aprovechamiento sostenible de recursos naturales y de la diversidad biológica en el apartado cinco, minería y energía menciona los siguientes ejes:

C). Promover la responsabilidad social empresarial de las actividades minero energéticas, con el fin de mejorar sus relaciones con comunidades locales y reducir los conflictos socio ambientales.

Por otra parte, en el apartado ocho cuenca, agua y suelos menciona qué;

B). Impulsar la formulación de estándares de evaluación y monitoreo del uso de recursos hídricos, considerando las características particulares de las distintas regiones del territorio.

En la política del medio ambiente en calidad de agua lineamiento de política hace mención que se debe de identificar, vigilar y controlar las principales fuentes emisoras de efluentes contaminantes, privilegiando las cuencas que abastecen de agua a los centros urbanos y articular para tal fin, la actuación de las autoridades de los tres niveles de gobierno.

### **Ley N° 28611: Ley General del Medio Ambiente**

En el Artículo 1.- De la ley general del medio ambiente menciona que toda persona tiene el “derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país”. (Ley general del medio ambiente, 2008, Artículo 1)

Para poner en praxis artículo 1 de la ley general del medio ambiente hay diferentes instrumentos de gestión ambiental, uno de ellos son las normas de calidad que se desarrolla mediante monitoreos ambientales, un caso práctico de ello es el monitoreo de parámetros de calidad del agua que se desarrolla en base a la

Resolución Jefatural N° R.J. 010-2016-ANA que aprueba el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos de fuentes superficiales.

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **Contaminación ambiental**

Toda materia o energía que al incorporarse o actuar en el ambiente degrada o altera su calidad a niveles no adecuados para la salud y el bienestar humano y/o ponen en peligro los ecosistemas. (Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental., 2012)

Según Presencia y acción de los desechos orgánicos e inorgánicos en cantidades tales que el medio ambiente se ve alterado en sus características físicas, químicas o biológicas. La contaminación puede producirse por desechos no degradables o por desechos biodegradables. La contaminación ocasiona pérdida de recursos naturales, gastos para la supresión y control de ésta y, además puede perjudicar la salud humana.

#### **Calidad de ambiental**

Es la Condición de equilibrio natural que describe conjunto de procesos geoquímicos, biológicos y físicos, y sus diversas y complejas interacciones, que tienen lugar a través del tiempo, en un determinado espacio geográfico. La calidad ambiental se puede ver impactada, positiva o negativamente, por la acción humana; poniéndose en riesgo la integridad del ambiente, así como la salud de las personas. (Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental., 2012)

#### **Estándar de calidad ambiental**

Condición de equilibrio natural que describe el conjunto de procesos geoquímicos, biológicos y físicos, y sus diversas y complejas interacciones, que

tienen lugar a través del tiempo, en un determinado espacio geográfico. La calidad ambiental se puede ver impactada, positiva o negativamente, por la acción humana; poniéndose en riesgo la integridad del ambiente, así como la salud de las personas. (Ley General del Ambiente, 2005)

### **Conflicto socio ambiental**

Es un tipo de conflicto social cuya dinámica gira en torno al control, uso y/o acceso al ambiente y sus recursos. Están presentes también componentes políticos, económicos, sociales y culturales. (Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental., 2012)

### **Exploración minera**

Es una etapa del ciclo minero que consiste en determinar la magnitud (reserva) y calidad (ley) del mineral que se encuentra en el yacimiento mediante cateo, prospección o perforación.

### **Monitoreo ambiental**

Comprende recolección, análisis, y la evaluación sistemática y comparable de muestras ambientales en un determinado espacio y tiempo; que se realiza con el objetivo de medir la presencia y concentración de contaminantes en el ambiente. (Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental, 2012)

### **Área de influencia ambiental directa**

Comprende el área de emplazamiento de proyecto ocupado por los componentes principales, las cuales se verán afectados por impactos ambientales directamente en el desarrollo.

### **Área de influencia ambiental indirecta**

Corresponde al espacio de amortiguamiento circundante del área de influencia ambiental indirecta, donde los impactos se presentan a una menor medida.

### **Área de actividad minera**

Corresponde a la zona donde se realizan las actividades que están asociadas directamente a las labores mineras

### **Área de uso minero**

Es el área ocupada por los componentes mineros como: accesos peatonales, trochas carrozables, campamentos, almacenes entre otros componentes de soporte.

### **Impacto ambiental**

Es la repercusión en el medio ambiente provocada por la acción antropogénica o un elemento ajeno a dicho medio, que genera cambios notables en él, siendo positivo o negativo (Barreiro & Roche, 2000)

### **Estudio de impacto ambiental**

Es un documento técnico y de carácter interdisciplinario, que constituye un instrumento de evaluación ambiental, que debe presentar el desarrollador de una actividad, obra o proyecto, de previo a su realización y que está destinado a predecir, identificar, valorar, y corregir los impactos ambientales que determinadas acciones puedan causar sobre el ambiente y a definir la viabilidad ambiental del proyecto. (DE SAN JOSÉ, 2009)

### **Gestión ambiental**

Barreiro & Roche, (2000) gestión ambiental es el “Conjunto de acciones que son dirigidas a la administración, uso y manejo de los recursos y a la

conservación, preservación, mejoramiento y monitoreo del medio ambiente” (p. 40)

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada Ayawilca no tienen variabilidad en sus parámetros después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca.

### **2.4.2. Hipótesis Específicos**

1. La calidad de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca, cumplen con los parámetros para la categoría 3 según el D.S. 004-2017 MINAM estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.
2. Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca antes de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca, cumplen con la categoría 3 según el D.S. 004-2017 MINAM estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.

## **2.5. Identificación de Variables**

### **Variable independiente (VI)**

Actividades de Exploración Minera Ayawilca

### **Variable dependiente (VD):**

Calidad de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 3: Operacionalización de variables

	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>indicadores</b>
Dependiente	Calidad de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada Ayawilca.	-Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA- Clasificación de cuerpos de aguas.	mg/l
		-Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM- Estándar de calidad ambiental (ECA) para agua.	mg/l
Independiente	Actividades de Exploración Minera Ayawilca.	Perforación diamantina.	m lineales $m^2$
		R.D N° 491-2017 ANA/AAA- HUALLAGA, Autorización de uso de agua para el Proyecto de Exploración Minera Ayawilca-Balance hídrico.	$m^3$



## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación es de tipo aplicado, porque busca solucionar problemas, con nivel descriptivo, analítico y correlacional como lo define en su libro metodología de investigación científica séptima edición (Hernández Sampieri, 2014), en tal contexto la investigación está dirigido al análisis de tipo documental de la calidad de agua en dos temporadas distintas, siendo antes de intervención de Proyecto de Exploración Minera Ayawilca y luego de nueve años de actividad en el área de influencia ambiental mediante monitoreo ambiental.

#### **3.2. Nivel de investigación**

**Descriptivo:** Explica y analiza las características del agua en dos temporadas y escenarios distintos.

**Analítica:** Se analizó los parámetros de calidad del agua (Ex Post) después de nueve años de actividad del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca.

**Correlacional:** Porque da a conocer la relación de las actividades del proyecto de exploración minera Ayawilca con la calidad del agua.

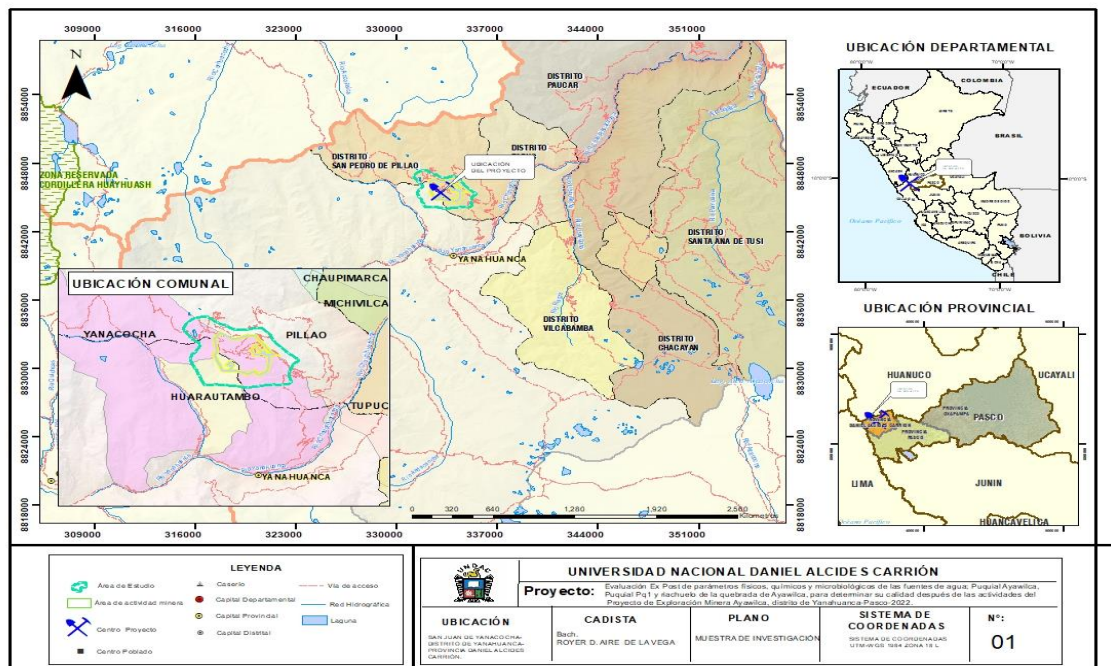
### 3.3. Métodos de investigación

#### 3.3.1. Lugar de ejecución

El Proyecto de Exploración Minera Ayawilca se encuentra en la cordillera occidental de los andes en el Perú. a unos 4204 msnm en la inter cuenca alto Huallaga, en el departamento de Pasco, provincia Daniel Alcides Carrión, distrito de Yanahuanca-comunidad campesina san juan de Yanacocha.

El titular minero del proyecto de exploración minera Ayawilca es la empresa canadiense TINKA RESOURCES S.A.C, empresa dedicada a la cualificación y cuantificación de recursos y reservas de minerales, por ello viene desarrollando, programas de perforación desde el año 2013 buscando llevar el proyecto a una etapa de explotación.

**Gráfico 4** Ubicación política del proyecto de exploración Ayawilca.



**Nota:** El mapa de ubicación se realizó con información de Ingemmet y Geo Gps.

El punto de referencia del proyecto Ayawilca según su centroide tiene las siguientes coordenadas:

- **Este:** 332963.95

- **Norte:** 8845919.03
- **Altitud:** 4204 msnm.

### **Delimitación de lugar de estudio**

Región: Pasco.

Provincia: Daniel Alcides Carrión.

Distrito: Yanahuanca-comunidad campesina San Juan de Yanacocha.

Lugar: Proyecto Ayawilca-Área de influencia ambiental.

### **Vías de acceso**

#### **Vía Oyón**

*Tabla 4 Vías de acceso al proyecto Ayawilca. – Ruta Oyón*

<b>Ruta</b>	<b>Tipo de Vía</b>	<b>Distancia Aproximada (Km)</b>	<b>Tiempo de recorrido estimado</b>
Lima-Huaura	Panamericana Norte	150	2 h 35 min
Huaura-Sayán	Panamericana Norte	50	40 min
Sayán-Churín	Carretera Asfaltada	68	1 h 20 min
Churín-Oyón	Carretera Asfaltada	40	1 h
Oyón-Yanahuanca	Carretera Afirmada	75	2 h 10 min
Yanahuanca-Yanacocha	Carretera Afirmada	10	30 min
Yanacocha-proyecto Ayawilca	Trocha Carrozable	15	45 min

#### **Vía Pasco**

*Tabla 5 Vías de acceso al proyecto Ayawilca-Ruta Pasco.*

<b>Ruta</b>	<b>Tipo de Vía</b>	<b>Distancia Aproximada (Km)</b>	<b>Tiempo de recorrido estimado</b>
Lima-Pasco	Carretera Central	300	7 h
Pasco-Yanahuanca	Carretera Afirmada	60	1h 30 min
Yanahuanca-Yanacocha	Carretera Afirmada	10	30 min
Yanacocha-Proyecto Ayawilca	Trocha Carrozable	15	45 min

## **Clima:**

Según la clasificación de climas de Warren Thornthwaite el área de estudio presenta tipo de clima B (i) D H3: Zona de clima semi frígido y lluvioso en invierno.

### **3.2.2. Método**

La metodología se dividió en tres etapas para desarrollo del proyecto:

**Primera:** consistió en trabajo de gabinete como; coordinación con la empresa Tinka Resources S.A.C, Titular del Proyecto de Exploración Minero Ayawilca y posteriormente con la consultora ambiental certificado para realizar monitoreos ambientales, primero para la emisión del primer estudio de impacto ambiental semi detallado (EIASd) del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca, que fue aprobado mediante resolución directoral. N° 263-2013 MEM/AAM con fecha de diecinueve de julio del año dos mil trece y segundo para solicitar la certificación de calidad de los equipos de monitoreo a utilizarse, y por último realizar el plan de monitoreo de parámetros de calidad de agua en el área de influencia ambiental (AIA) del proyecto en mención.

**Segundo:** recolección de datos de fuentes primarias, esta etapa consistió en recolectar información primaria de los nueve instrumentos de gestión ambiental aprobados con los que cuenta el proyecto de Exploración Minera Ayawilca, así también se recolectó muestras de agua in situ en los puntos de muestreo ya establecidos en plan de monitoreo que se realiza basado en R.J N° 010-2016- ANA. protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos.

Cada muestra fue etiquetada para su identificación y preservada según el parámetro a analizar, asimismo se almacenó a 4 °C en cajas térmicas para su posterior transporte a laboratorio.

Todo frasco que contiene muestra de agua se rotuló con la siguiente información: Nombre de la fuente, punto de muestreo, hora y fecha de muestreo, parámetro a ser analizado y modo de conservación. Los métodos de análisis utilizados para cada parámetro se evidencian en la tabla 6.

**Tabla 6** Metodología de análisis de los parámetros

<b>Parámetros</b>	<b>Metodología de referencia</b>
Cianuro Wad	Method OIA-1677 2004. DW Available Cyanide by Flow Injection, Ligand Exchange and Amperometry.
Nitrito	EPA Method 354.1 1999 Nitrogen Nitrite (Spectrophotometric)
Nitrato	EPA Method 352.1 1999 Nitrogen Nitrate (Colorimetric Brucine)
(*)Nitrogeno Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 22nd Ed. 2012. Persulfate Method.
Sulfuro	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2 D, 22nd Ed 2012. Sulfide. Methylene Blue Method.
Sulfato	EPA Method 375.4 1999 Sulfate (Turbidimetric)
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.
(*)Caudal	ASTM D 3858-95(2014). Standar Test Method for Open-Chanel Flow Measurement of Water by Velocity-Area Method.
Conductividad Específica	EPA Method 120.1 1999. Conductance (Specific Conductance, umhoms at 25°C) Approved for NPDES (Editorial Revision 1982).
Oxígeno Disuelto	NTP 214.046. 2013. Determinación de Oxígeno Disuelto en agua. Método de Sonda Instrumental. Sensor basado en Luminiscencia.
pH	EPA Method 150.1 1999. pH (Electrometric), Approved for NPDES (Editorial Revision 1978, 1982).
Temperatura	EPA Method 170.1. 1999. Temperature (Thermometric) Approved for NPDES (issued 1974).
Aceites y Grasas	EPA 1664 Rev B, Febrero. 2010. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Solidos Totales Disueltos	EPA Method 160.1 1999 Residue, Filterable (Gravimetric, Dried at 180 °C)
Solidos Totales Suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012 Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Nitrogeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3-D, 22nd Ed 2012. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method.

Coliformes Fecales	SSMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 22nd Ed.2012.Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group.Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
Coliformes Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed. (Except item 1. Samples) 2012. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Escherichia coli	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F, 22nd Ed.2012.Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group.Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. 1. Escherichia coliTest (EC-MUG medium).
Aniones(Bromuro, Cloruro, Fluoruro, Fosfato, Fósforo Fosfato, Nitrito, Nitrógeno Nitrito, Nitrato, Nitrógeno Nitrato, Nitrógeno Nitrito + Nitrato, Sulfato)	EPA Method 300.1 Rev 1. 1999. Determination of Inorganic Anions In Drinking Water By Ion Chromatography.
Metales totales y disueltos en agua por ICP MS.	EPA 200.8, Revision 5.4 1999 Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma mass spectrometry
(*)Detección y/o Cuantificación de Protozoarios y helmintos parásitos en agua para uso y consumo humano y aguas superficiales.	APHA AWWA WEF. 22th Edition. 2012. Part 9711 B.2.b-3.a.

Fuente: AGQ Labs- informes de ensayo

En la última fase de la segunda etapa se realizó el análisis de las diferentes muestras tomadas en base a los métodos de ensayo que le corresponde a cada parámetro.

**Tercero:** En la tercera etapa se realizó los análisis de datos de diferentes parámetros de monitoreo de agua realizados y se comparados con los parámetros de línea base ambiental de calidad de agua del primer estudio de impacto ambiental semi detallado EIASd, posterior a ello se realizó el informe final y divulgación de resultados entre los actores influyentes en la investigación.

### 3.4. Diseño de investigación

En la investigación se aplicó el diseño no experimental, porque no se manipuló las variables. Pero si se describen las características, físicas, químicas y

microbiológicas del agua en dos escenarios distintos, determinando la incidencia de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca con los parámetros de calidad del agua.

### 3.5. Población y muestra

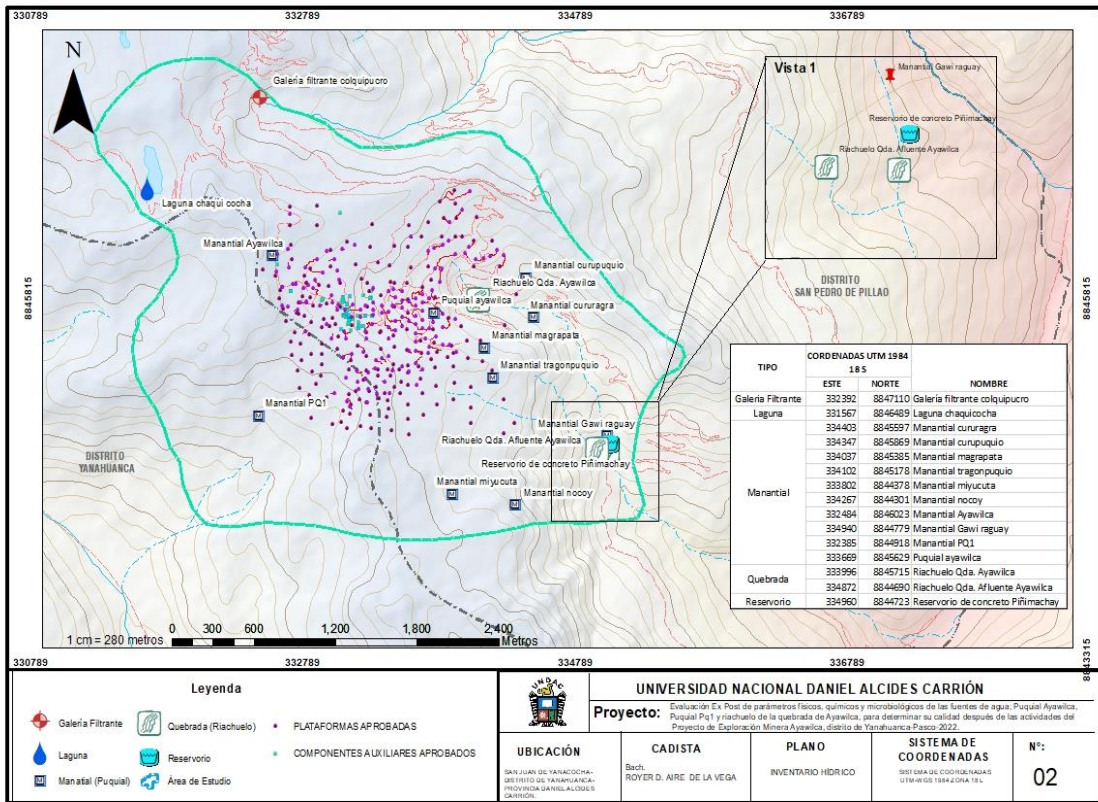
#### Población

La población de estudio comprende 16 cuerpos de agua que se encuentran dentro del área de influencia ambiental directa e indirecta del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca.

**Tabla 7** Cuerpos de agua dentro de área de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto de exploración Ayawilca.

Tipo	Coordenadas UTM-WGS		Nombre
	Este	Oeste	
Galería filtrante	332 392	8 847 110	Galería filtrante colquipucro
Laguna	331 567	8 846 489	Laguna chaqui cocha
Manantial	334 403	8 845 597	Manantial cururagra
	334 347	8 845 869	Manantial curupuquio
	334 037	8 845 385	Manantial magrapata
	334 102	8 845 178	Manantial tragonpuquio
	333 802	8 844 378	Manantial miyucuta
	332 385	8 844 918	Puquial Pq1
	334 267	8 844 301	Manantial nocoy
	332 484	8 846 023	Manantial Ayawilca
	333 669	8 845 629	Puquial Ayawilca
	334 949	8 844 687	Q. cruce con acceso
Quebrada	333 996	8 845 715	Q. Ayawilca
	334 872	8 844 690	Quebrada SN afluente de la quebrada de ayawilca
Reservorio	334 940	8 844 779	Manantial Gawi raguay
	334 960	8 844 723	Reservorio de concreto Pifimachay

**Gráfico 5 Mapa de Población de estudio.**



**Muestra**

Comprende cuatro puntos de monitoreo de parámetros de calidad de agua que se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8** Ubicación de muestras de agua

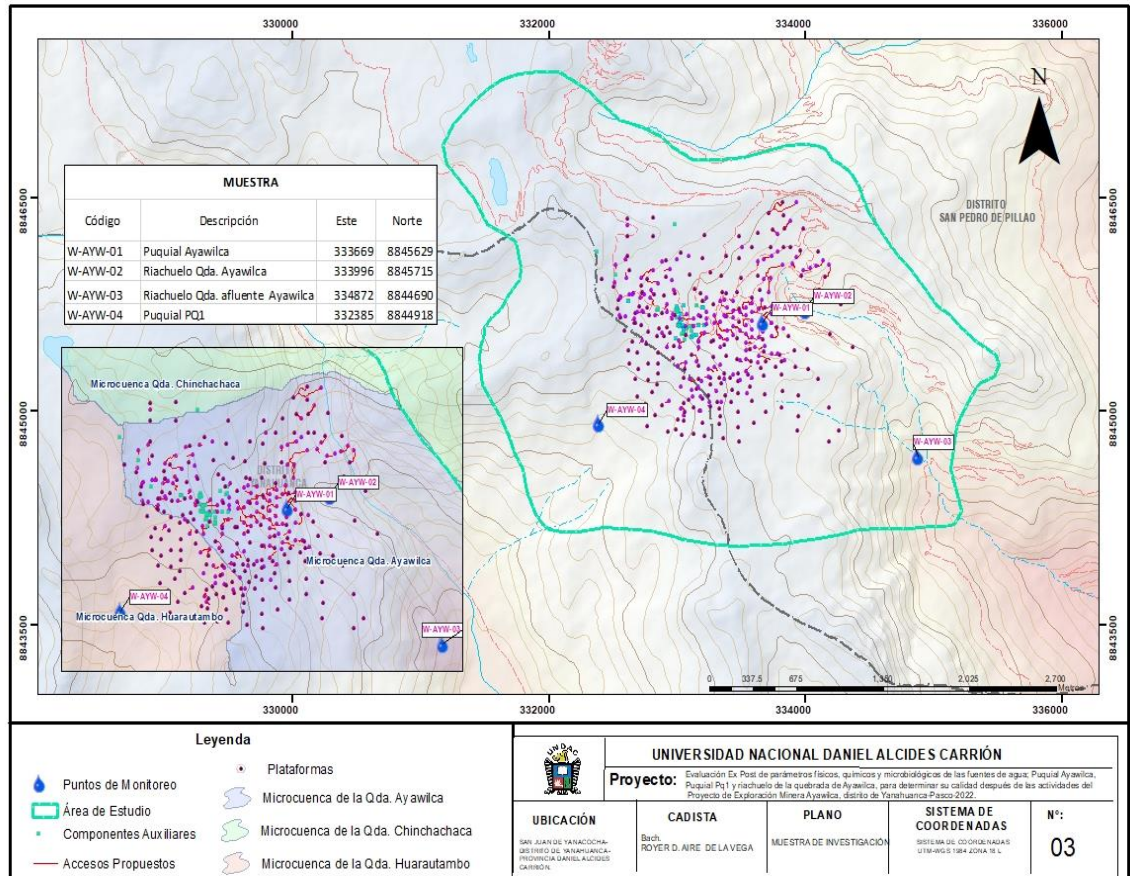
Estación de monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 S	
		Este	Norte
W-AYW-01	Puquial Ayawilca	333 669	8 845 629
W-AYW-02	Quebrada Ayawilca	333 996	8 845 715
W-AYW-03	Quebrada SN afluente de la quebrada de ayawilca	334 872	8 844 690
W-AYW-04	Puquial Pq1	332 385	8 844 918

En el gráfico 7 se observa los cuerpos de agua, los puntos establecidos de muestreo de parámetros de calidad, área de influencia ambiental directa (se genera impactos con mayor intensidad) e indirecta (conocido como zona de



amortiguamiento, impactos leves) y área de actividad minera (donde se encuentra los componentes mineros) que corresponde al Proyecto de Exploración Minera Ayawilca.

Gráfico 7 Mapa de Ubicación geográfica de muestra del estudio.

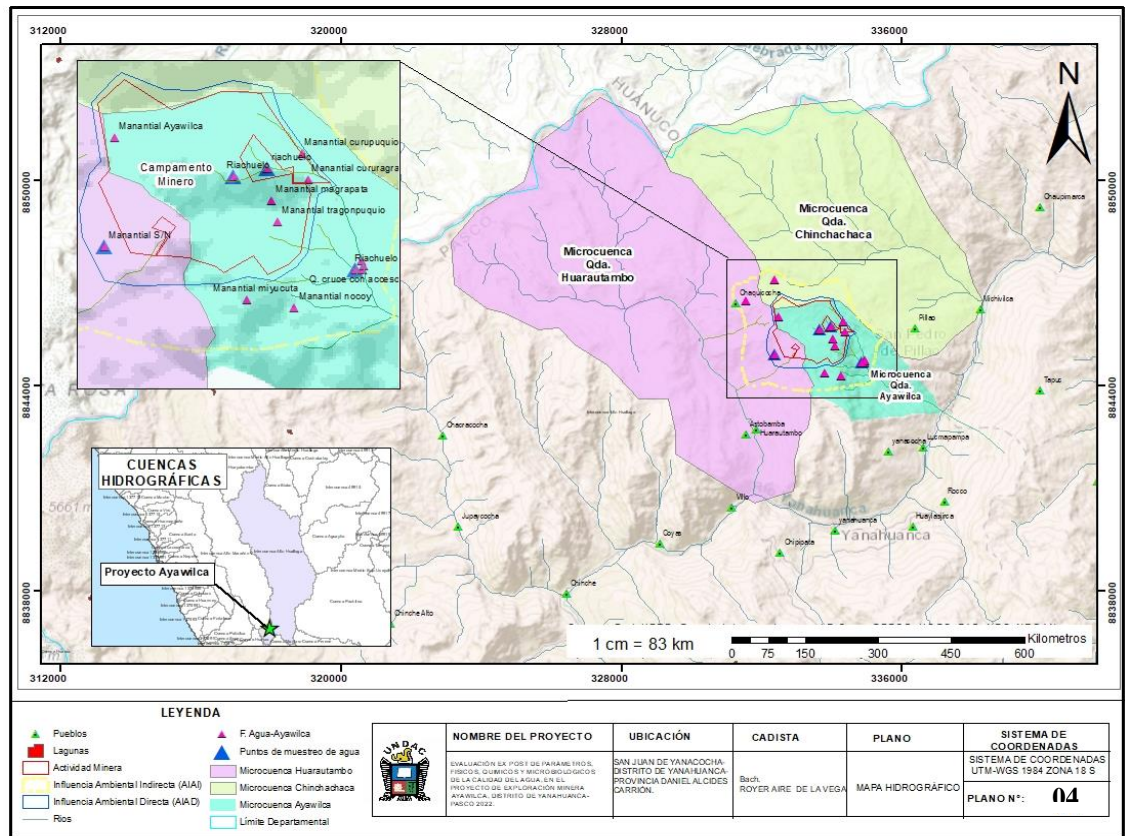


Nota: En el siguiente mapa se aprecia los puntos de muestreo de agua no probabilístico

La muestra se determinó en base al estudio de impacto ambiental semi detallado EIASd- instrumento de gestión ambiental que cuenta el proyecto de exploración Ayawilca y asimismo mediante criterios técnicos como: área efectiva y uso minero que se encuentra en la cabecera de la microcuenca Ayawilca, donde una cuenca tiene entrada y salida de agua, por ello se toma una muestra de manantial (recarga) y otro de cuerpo lótico (descarga) y sus posibles interacción en el transcurso con los componentes mineros, por otra parte los otros dos puntos se

determinó mediante los criterios que emana el protocolo de monitoreo de calidad de agua del ministerio de energía y minas.

Gráfico 8 Mapa de Microcuencas donde se encuentra superpuesto el proyecto Ayawilca.



Nota: El mapa se realizó con información del estudio de impacto ambiental semi detallado (EIASd) del proyecto de exploración Ayawilca.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se aplicó las siguientes técnicas: Análisis documental de fuente primaria, lo cual permitió obtener los datos Ex Ante de los parámetros de calidad del agua, así mismo también se aplicó la recolección de datos mediante muestreo de agua, las misma que permitió obtener datos Ex Post del proyecto de exploración Ayawilca.

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

Los instrumentos y métodos de análisis químicos fueron validados por el laboratorio AGQ Labs acreditado por el Instituto Nacional de Calidad INACAL y las certificaciones de calibración de equipos fueron realizado por Sociedad de asesoramiento Técnico S.A.C -SAT.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para el procesamiento de datos obtenidos en gabinete y en campo se utilizaron los siguientes softwares: para cálculo de datos (Microsoft Excel 2019), para redacción de documentos (Microsoft Word 2019), para georreferenciación de puntos y elaboración de mapas (ArcGIS 10.5) y demás programas como; global mapper, Google earth, sas planet Qgis que son indispensables para el cometido de la investigación. Para el análisis de datos se utilizaron gráficos estadísticos de columnas agrupadas, líneas y barras.

### **3.9. Tratamiento Estadístico**

En este acápite se interpretó los resultados de parámetros de calidad del agua de línea base y se compara con evaluación Ex Post y ambos con estándares de calidad del agua categoría tres.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.**

La investigación en el contexto que se desarrolla mantuvo informado a los actores involucrados en la investigación asimismo los datos que se generados son de carácter objetivo. En el principio de justicia la investigación buscó determinar la veracidad de conflictos socio ambientales, mediante sustentos técnicos y científicos, asimismo. buscó excluir aseveraciones subjetivas.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADO Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

Los puntos de muestreo realizados se encuentran geográficamente en la Inter cuenca alto Huallaga, subcuenca del río Chaupihuranga y microcuenca de la quebrada de Ayawilca.

Los puntos de monitoreo de agua son: Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelos de la quebrada ayawilca, codificados basados a su toponimia según carta topográfica oficial y para aquellos que no se encuentran en cartografía nacional se le asignó en base a nombre local, la cual se detalla secuencialmente como; W-AYW-01, W-AYW-02, W-AYW-03 y W-AYW-04. Una vez codificados los puntos de muestreo de agua se realizó la evaluación visual de los puntos de monitoreo y se determinó la accesibilidad para la toma de muestras. (Ver gráfico N° 28)

##### ***4.1.1. Descripción de puntos de muestreo***

- ✓ W-AYW-01: afloramiento de agua del subsuelo, se encuentra almacenada en forma circular con salida a la microcuenca de la quebrada Ayawilca.

- ✓ W-AYW-02: curso de agua que sale de la interacción de los componentes auxiliares y actividad minera del proyecto de Exploración Minera Ayawilca.
- ✓ W-AYW-03: curso de agua que sale del escurrimiento del área de actividad minera y uso minero del proyecto de Exploración Minera Ayawilca.
- ✓ W-AYW-04: afloramiento de agua de subsuelo, se encuentra almacenada en forma semi rectangular tiene salida hacia la microcuenca de la quebrada Huarautambo.

#### **4.1.2. Toma de muestra**

En los puntos de muestreo de agua se realizaron en primer orden medición de parámetros de campo como: pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y caudal. En segundo orden se realizó la toma de muestras de agua para determinar su naturaleza: parámetros fisicoquímicos, parámetros inorgánicos, aniones, metales totales, parámetros orgánicos y parámetros microbiológicos.

#### **4.1.3. Calidad de agua**

Los parámetros de campo se midieron in situ en los cuatro puntos de muestreo con un multiparámetro de marca WTW, las muestras perecibles, fisicoquímicos e inorgánicos se almacenaron y fueron enviados en coolers a laboratorio AGQ-Labs para su análisis correspondiente de acuerdo a la hoja de custodia y rotulado de cada muestra.

### **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

En las siguientes tablas se presentan los resultados de los cuatro puntos de muestreo de agua obtenidos del laboratorio AGQ Labs y datos de campo del monitoreo desarrollado el 23 de marzo del año 2022, asimismo, se presentan datos del primer estudio de impacto ambiental semi detallado del proyecto de

exploración minera Ayawilca, acápite línea base hidrológica sección calidad de agua del año 2013 presentados como datos históricos.

#### 4.2.1. Parámetros de campo

Tabla 9 Resultados de parámetros de campo de línea base y evaluación Ex Post.

Línea Base						D.S. 004 2017/MI NAM- ECA AGUA- SUB CATEG ORIA 3  D1 Y D2	Cumplimi ento	Evaluación Ex Post				D.S. 004 2017/MI NAM- ECA AGUA- SUB CATEG ORIA 3	Cumpli miento
Fecha	Unidad	12/10/2013		23/11/2017				23/03/2022					
Parámetr os		Puntos de monitoreo						Puntos de monitoreo					
		W- AY W- 01	W- AY W- 02	W- AY W- 03	W- AY W- 04			W- AY W- 01	W- AY W- 02	W- AY W- 03	W- AY W- 04		
pH	Unidad es pH	7.4	6.9	7.6	6.1	6.5 - 8.5 & 6.5-8.4	No	8,3 1	8,09	8,11	7,71	6.5 - 8.5 & 6.5-8.4	SI
Conductivi dad eléctrica	µS/cm	78	24	328	92	2500 & 5000	SI	56, 7	73	131, 3	29,7	2500 & 5000	SI
Oxígeno disuelto	mg/L	7	6	6.9	6	>4 & >5	SI	6,8 6	6,51	5,89	6,63	>4 & >5	SI
Temperatu ra	°C	13	12	12	14.5	Δ3	**	13. 9	14,2	12,4	12,2	Δ3	*
Caudal	L/s	-	432	6	0.5	**	**	3.7	604	4.7	0.3	**	*

Nota: datos del Primer EIA (sd ) del año 2013 del proyecto exploración minera Ayawilca y Resultados obtenidos en campo con un multiparámetro.

Δ3 : Representa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

(\*\*) Símbolo dentro de tabla significa que no aplica para esta categoría.

(\*) Símbolo dentro de la tabla significa sin definir cumplimiento de ECA.

#### 4.2.2. Aniones

Tabla 10 Resultados de Aniones de línea base y evaluación Ex Post

Línea Base						D.S. 004 2017/MIN AM-ECA AGUA- SUB CATEGORÍA 3  D1 & D2	Cumplimiento	Evaluación Ex Post				D.S. 004 2017/MIN AM-ECA AGUA- SUB CATEGORÍA 3  D1 & D2	Cumplimiento
Fecha	Unidad	Puntos de monitoreo						23/03/2022					
Parámetros		Puntos de monitoreo						Puntos de monitoreo					
		W-AY W-01	W-AY W-02	W-AY W-03	W-AY W-04			W-AY W-01	W-AY W-02	W-AY W-03	W-AY W-04		
Nitrato s. NO3-	mg/L	<0.031	<0.031	2.74	0.24	**	SI	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	**	*
Nitritos . NO2-	mg/L	<0.03	<0.03	0.039	0.016	10	SI	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	10	SI
sulfatos . SO4-2	mg/L	-	-	271.9	36.3	1000	NO	9,1	9,7	16	2,2	1000	SI
Sulfuros	mg/L	-	-	-	-	**	**	-	-	-	-	**	*

Nota: Datos obtenidos del primer EIA (sd) del proyecto exploración minera Ayawilca y resultados del laboratorio AGQ Labs.

- (\*\*) Símbolo dentro de tabla significa que no aplica para esta categoría.  
 (\*) Símbolo dentro de la tabla significa sin definir cumplimiento de ECA.

#### 4.2.3. Parámetros Orgánicos

Tabla 11 Resultados de parámetros orgánicos de línea base y evaluación Ex Post.

Línea Base						D.S. 004 2017/MIN AM-ECA AGUA- SUB CATEGORÍA 3  D1 & D2	Cumplimiento	Evaluación Ex Post				D.S. 004 2017/MIN AM-ECA AGUA- SUB CATEGORÍA 3	Cumplimiento
Fecha	Unidad	Puntos de monitoreo						23/03/2022					
Parámetros		Puntos de monitoreo						Puntos de monitoreo					
		W-AY W-01	W-AY W-02	W-AY W-03	W-AY W-04			W-AY W-01	W-AY W-02	W-AY W-03	W-AY W-04		
Aceites y grasas	mg/L	<0.5	<0.5	<1.0	<1.0	5 & 10	SI	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	5	SI
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	S/N	S/N	<2.0	<2.0	15	SI	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	15	SI

Nota: Datos obtenidos del primer EIA (sd) del proyecto exploración minera Ayawilca y resultados de laboratorio AGQ Labs.



#### 4.2.4. Metales totales

Tabla 12 Resultados de metales totales de línea base y evaluación Ex Post

Línea Base						D.S. 004 2017/MI NAM- ECA AGUA- SUB CATEG ORIA 3 D1 & D2	Cumplimiento	Evaluación Ex Post				D.S. 004 2017/MI NAM- ECA AGUA- SUB CATEG ORIA 3 D1 & D2	Cumplimiento
Fecha	Unidades	12/10/2013		23/11/2017				23/03/2022					
Parámetros		Puntos de monitoreo						Puntos de monitoreo					
		W-AYW-01	W-AYW-02	W-AYW-03	W-AYW-04			W-AYW-01	W-AYW-02	W-AYW-03	W-AYW-04		
Aluminio (Al)	mg/L	0.040	0.030	0.0072	0.0129	5	SI	0,082	0,082	0,038	0,03	5	SI
Arsénico (As)	mg/L	0.002	0.002	0.0011	<0.0004	0.1 & 02	SI	0,00102	0,00064	0,00102	<0,0004	0.1 & 02	SI
Boro (B)	mg/L	<0.01	<0.01	*	*	1 & 5	SI	<0,002	<0,002	0,004	<0,002	1 & 5	SI
Bario (Ba)	mg/L	0.009	0.003	0.0465	0.2437	0.7 & **	SI	0,0081	0,0083	0,0752	0,054	0.7 & **	SI
Berilio (Be)	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0006	<0.0006	0.1	SI	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	0.1	SI
Cadmio (Cd)	mg/L	<0.0002	<0.0002	*	*	0.01 & 0.05	SI	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	0.01 & 0.05	SI
Cobalto (Co)	mg/L	<0.0007	<0.0007	<0.0002	0.0014	0.05 & 1	SI	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	0.05 & 1	SI
Cromo (Cr)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.0005	<0.0005	0.1 & 1	SI	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0.1 & 1	SI
Cobre (Cu)	mg/L	-	-	-	-	0.2	*	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003	0.2	SI
Hierro (Fe)	mg/L	0.138	0.019	0.007	2.1524	5 & **	SI	0,27	0,14	0,06	0,18	5 & **	SI
Mercurio (Hg)	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0001	<0.0001	0.001 & 0.01	SI	<0,00007	<0,00007	<0,00007	<0,00007	0.001 & 0.01	SI
Litio (Li)	mg/L	<0.0009	<0.0009	0.0019	<0.0012	2.5	SI					2.5	SI
Magnesio (Mg)	mg/L	2.547	0.484	19.4128	3.3853	** & 250	SI	1,33	1,47	5,95	0,904	** & 250	SI
Manganeso (Mn)	mg/L	0.051	0.006	0.0023	0.2819	0.2	NO	0,18159	0,03532	0,00998	0,01802	0.2	NO
Niquel (Ni)	mg/L	0.001	0.001	<0.0004	0.0023	0.2 & 0.1	SI	0,0014	0,0012	0,0009	0,0009	0.2 & 0.1	SI
Plomo (Pb)	mg/L	0.002	0.001	<0.0002	0.0014	0.05	SI	0,0008	0,00053	0,00021	<0,00006	0.05	SI
Selenio (Se)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.0002	<0.0002	0.02 & 0.05	SI	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	0.02 & 0.05	SI
Zinc (Zn)	mg/L	0.323	0.008	0.0293	0.034	2 & 24	SI	0,206	0,171	0,007	0,01	2 & 24	SI



Nota: Datos obtenidos del EIA (sd) del proyecto de exploración minera Ayawilca y resultados de laboratorio AGQ Labs de analitos de metales pesados.

#### 4.2.5. Parámetros microbiológicos

Tabla 13 Resultados de parámetros microbiológicos de línea base ambiental y evaluación Ex Post.

Línea Base						D.S. 004 2017/MINA M-ECA AGUA- SUB CATEGOR IA 3  D1 & D2	Cumplimie nto	Evaluación Ex Post				D.S. 004 2017/MIN AM-ECA AGUA- SUB CATEGO RIA 3  D1 & D2	Cumplimie nto
Fecha	Unidad	12/10/2013	23/11/2017					23/03/2022					
Parámetros		Puntos de monitoreo						Puntos de monitoreo					
		W- AY W- 01	W- AY W- 02	W- AY W- 03	W- AY W- 04			W- AY W- 01	W- AY W- 02	W- AY W- 03	W- AY W- 04		
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**	**
Coliformes totales	NMP/100 mL	<1.8	2	<1.8	2	**	**	330	7900	2400	490	**	**
Escherichia coli	NMP/100 mL	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1000 & **	**	14	2	<1,8	<1,8	1000 & **	SI
Huevos helmintos	Huevo/litro	0	0	0	0	1	**	0	0	0	0	1	si

Nota: Datos obtenidos del primer EIA (sd) del proyecto exploración minera Ayawilca y resultados de laboratorio AGQ Labs.

#### 4.2.6. Gráficas e interpretación de resultados.

##### Parámetros de campo

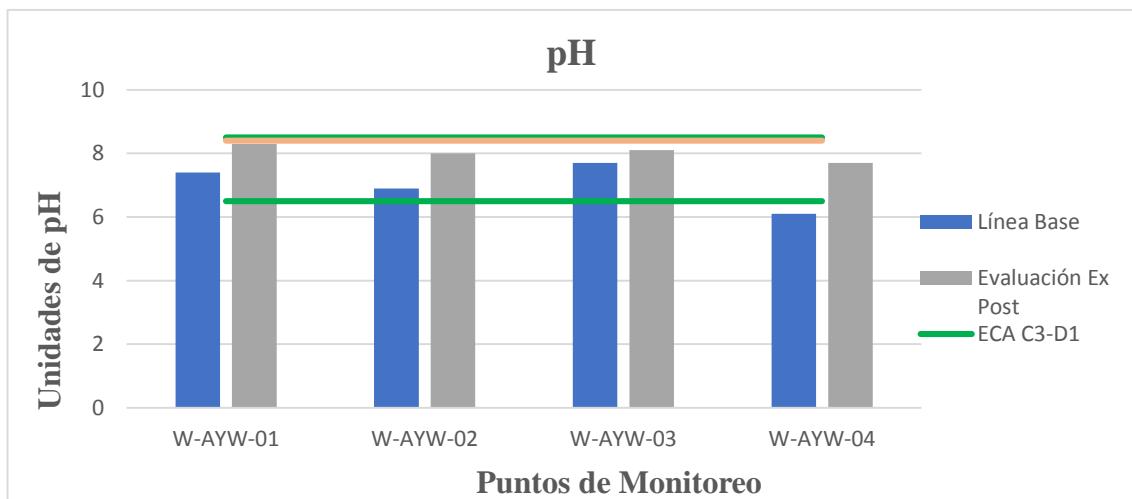
Se evaluarán parámetros tales como; pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y caudal, todos los parámetros evaluados en campo presentaron resultados por debajo de los estándares de calidad para la categoría tres.

##### pH

El pH en el punto de muestreo W-AYW-04 concerniente a línea base, presenta el resultado 6.1 unidades, que se encuentra por debajo de los estándares de calidad ambiental para la categoría tres, según estudios se determina que es por condición natural debido a la mineralización y tipos de rocas propios del lugar.

En cuanto al pH en los cuatro puntos de muestreo se aprecia una ligera alcalinización del agua en comparación de la línea base del estudio de impacto ambiental semi detallado con la evaluación Ex Post, pudiendo verse una tendencia alcalina. En consecuencia se puede determinar que es debido a que en la construcción de plataformas se dejan expuestas las rocas calizas, lutitas (material parental) y suelo a los efectos erosivos del agua impartiendo alcalinidad al agua.

Gráfico 9 Gráfico de valores de pH y ECA C3

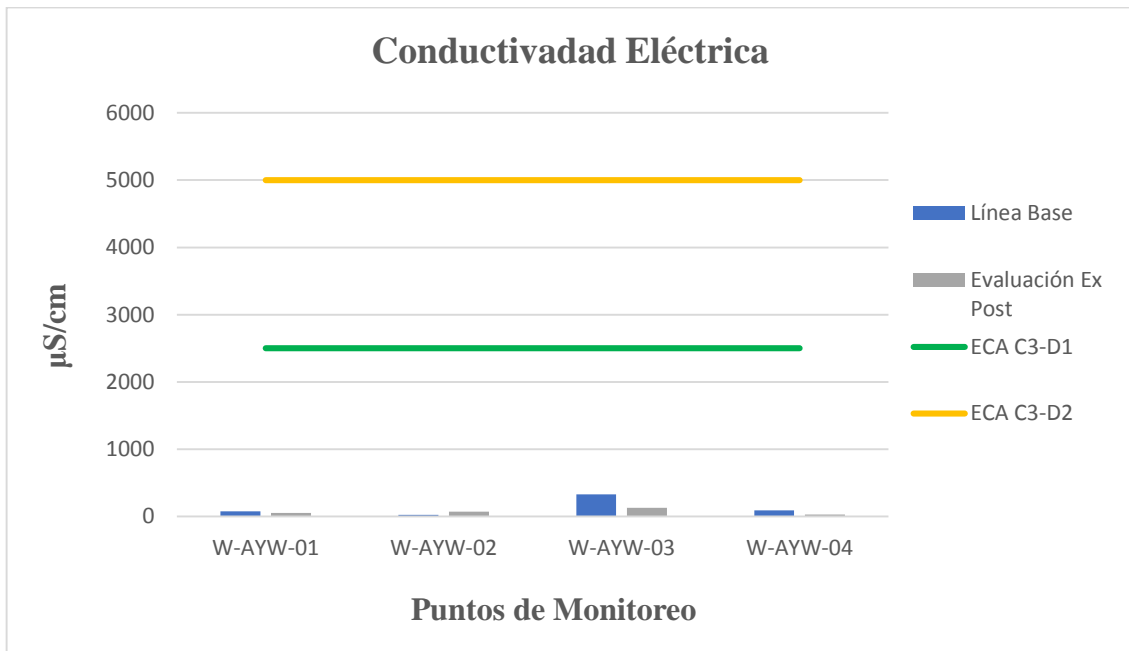


Nota: En el gráfico se muestra los valores de pH de línea base, evaluación Ex Post y ECA agua categoría tres.

### Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica en los cuatro puntos de muestreo presentó un resultado como máximo entre línea de base y Evaluación Ex Post de 328  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que indica presencia mínima de sales disueltas en el agua y que no exceden valor referencial del ECA-Agua sub categoría 3.

Gráfico 10 Gráfico de Conductividad eléctrica y ECA C3.

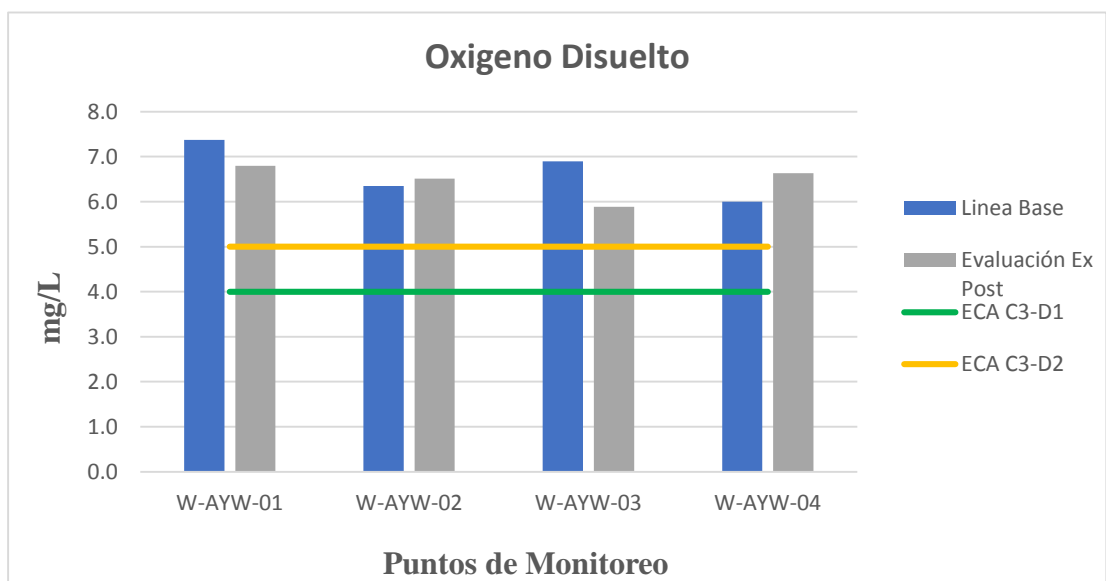


Nota: En el gráfico se muestra los valores de conductividad eléctrica de línea base, evaluación Ex Post y ECA agua- categoría tres.

### Oxígeno Disuelto

En los cuatro puntos de muestreo el oxígeno disuelto presentó resultados por encima de 5.5 mg/L, lo que indica que son cuerpos de aguas con aireación adecuada y que cumplen el valor referencial de ECA-Agua categoría tres (>5 mg/L).

Gráfico 11 Gráfico de Oxígeno Disuelto y ECA C3.



## Parámetros Inorgánicos

### Aniones

Se evaluaron en los cuatro puntos de muestreo nitratos, nitritos y sulfatos.

Los nitritos evaluados presentaron resultados por debajo de ECA C3 en los cuatro puntos de monitoreo.

Gráfico 12 Gráfico de Nitratos y ECA C3.

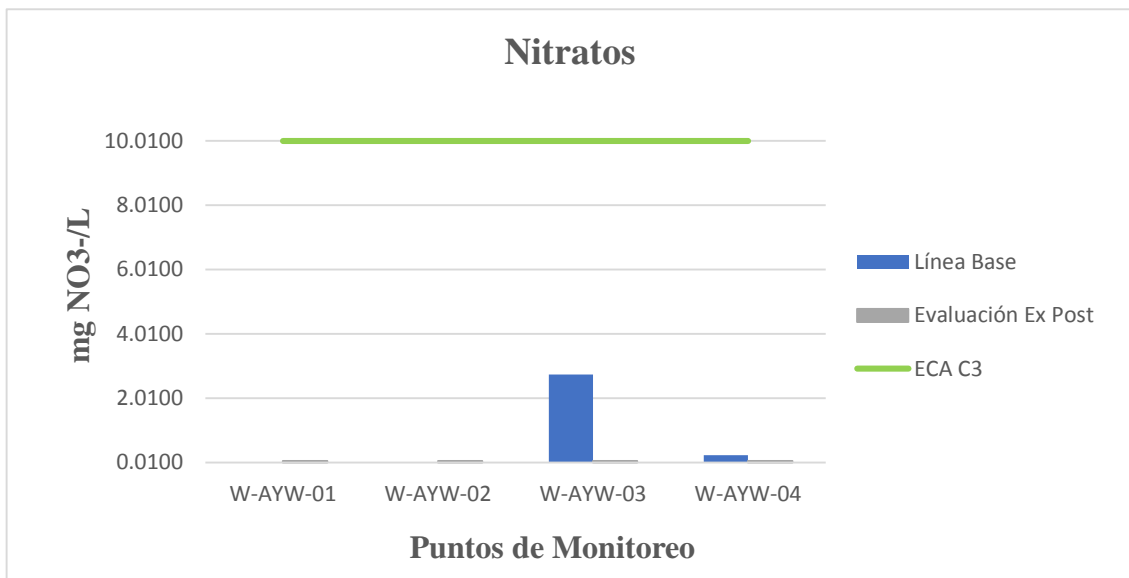
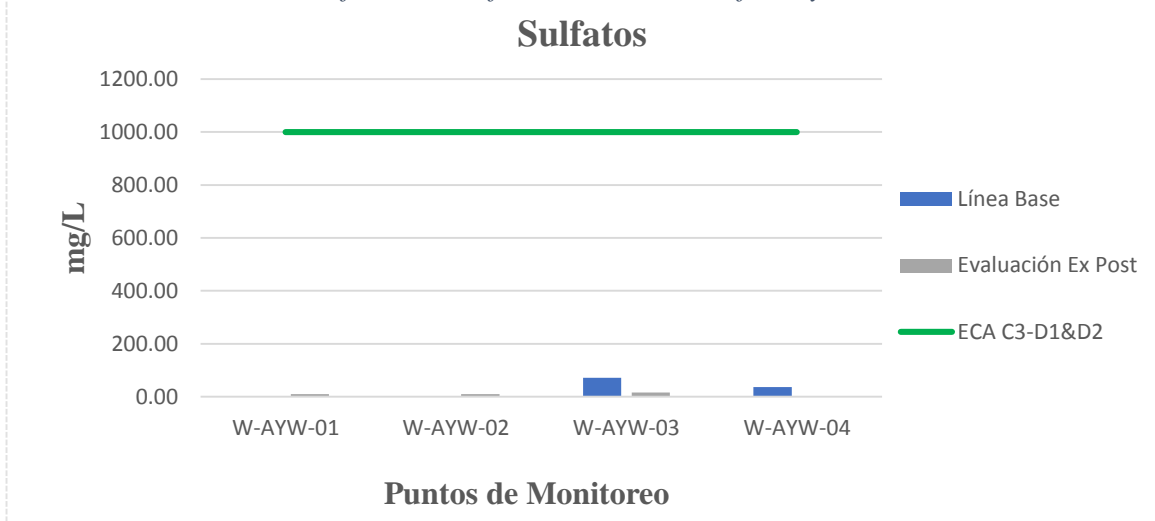


Gráfico 13 Gráfico de valor de Sulfatos y ECA C3.



#### 4.2.7. Metales Totales

En los cuatro puntos de muestreo se evaluaron los metales totales de acuerdo al D.S 004-2017-MINAM ECA agua.

Todos los metales pesados cumplen con el valor referencial ECA-agua para la categoría tres, con excepción de manganeso que presenta un valor de 0.0281 en la estación de monitoreo W-AYW-04 (Riachuelo 2 de la quebrada Ayawilca) que excede valor referencial de ECA C3.

Gráfico 14 Gráfico de valores de manganeso y ECA C3.

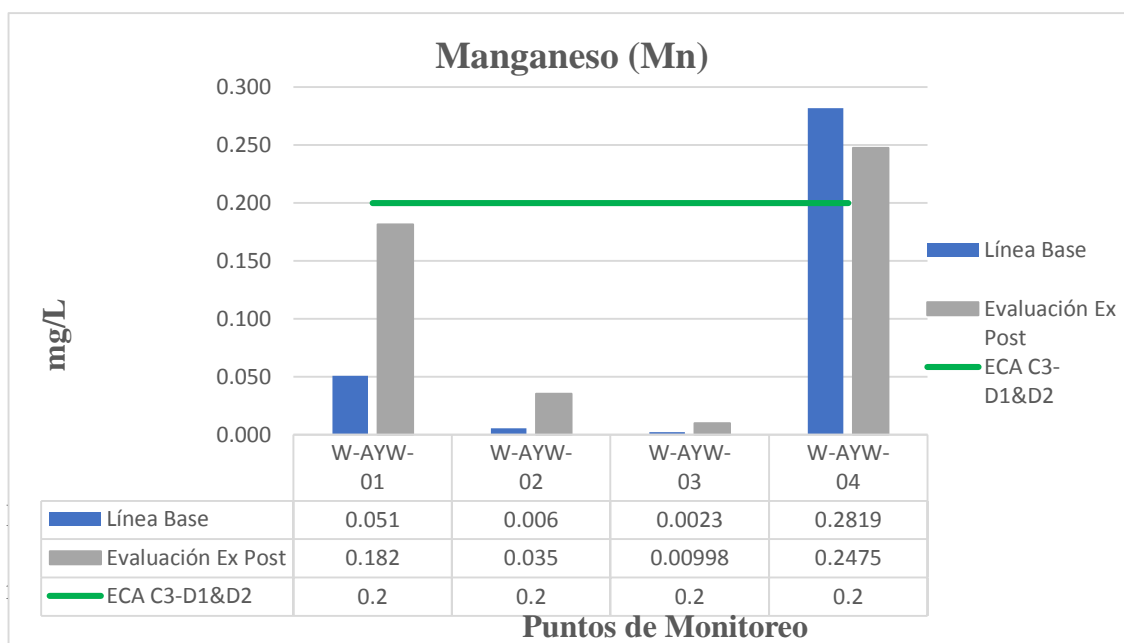
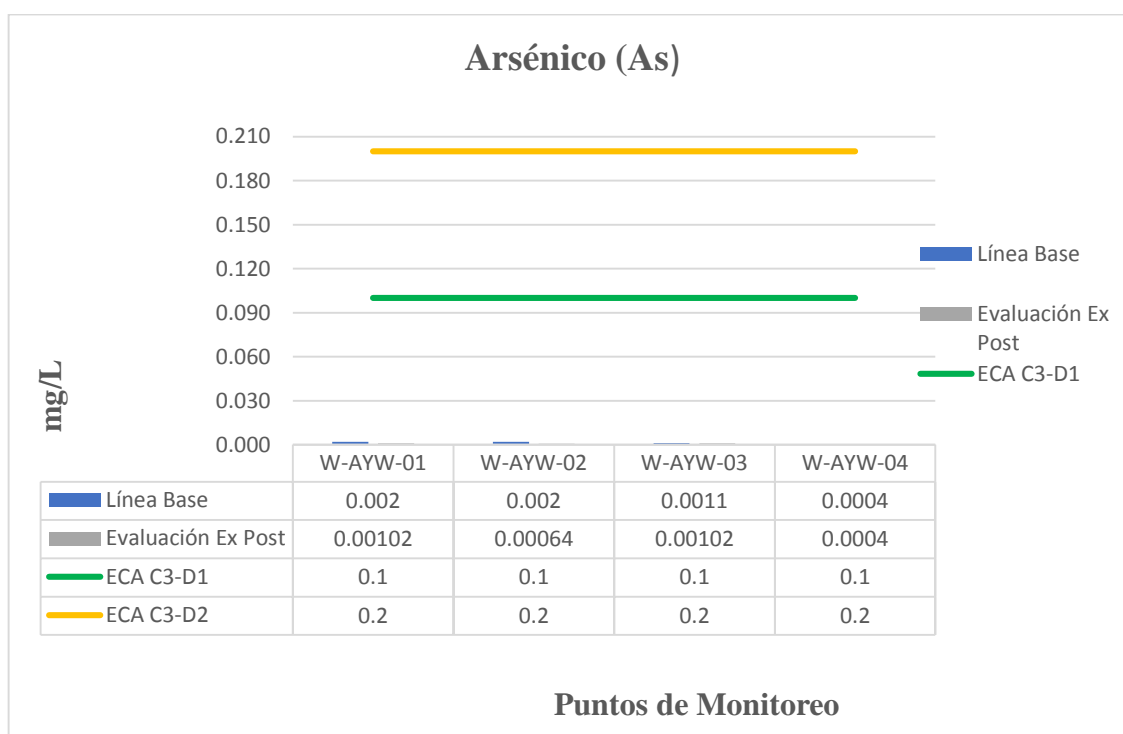
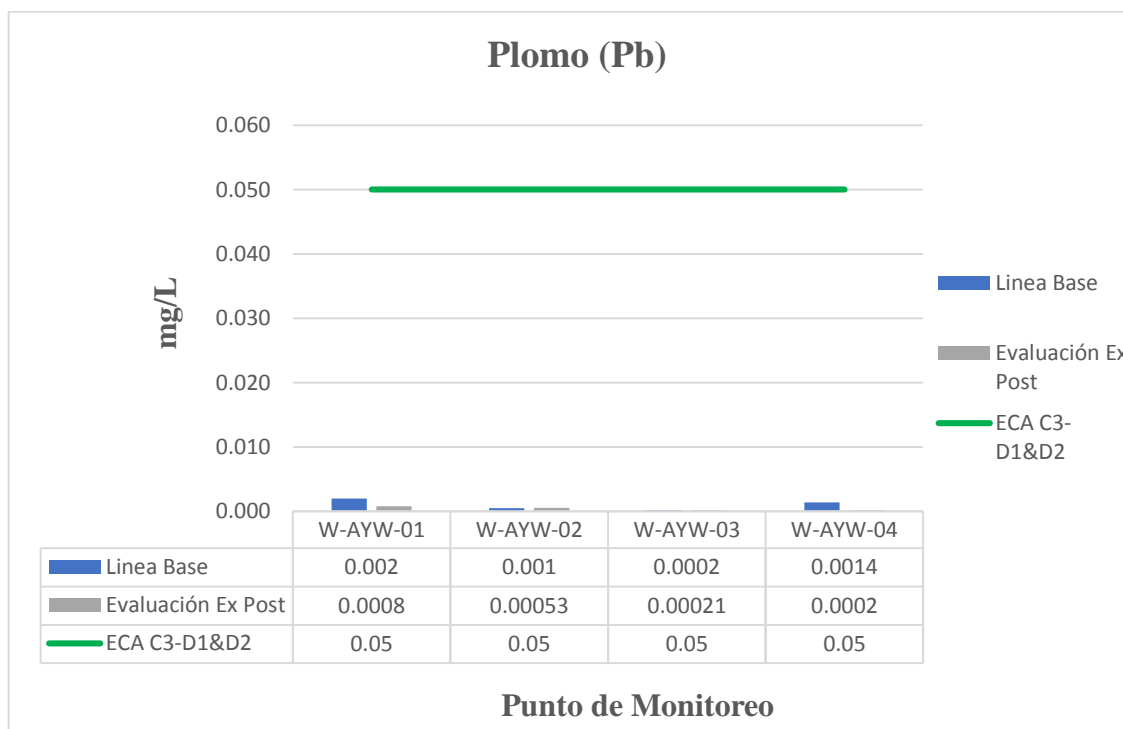


Gráfico 15 Gráfico de valores de Arsénico y ECA C3.



Los valores de los cuatro puntos de muestreo no sobrepasan los valores referenciales para el plomo (Pb).

Gráfico 16 Gráfico de valores de Plomo y ECA C3.



Los valores de Zinc en los cuatro puntos de muestreo no exceden el valor referencial Eca agua, categoría tres.

Gráfico 17 Valores de Zinc y ECA C3.

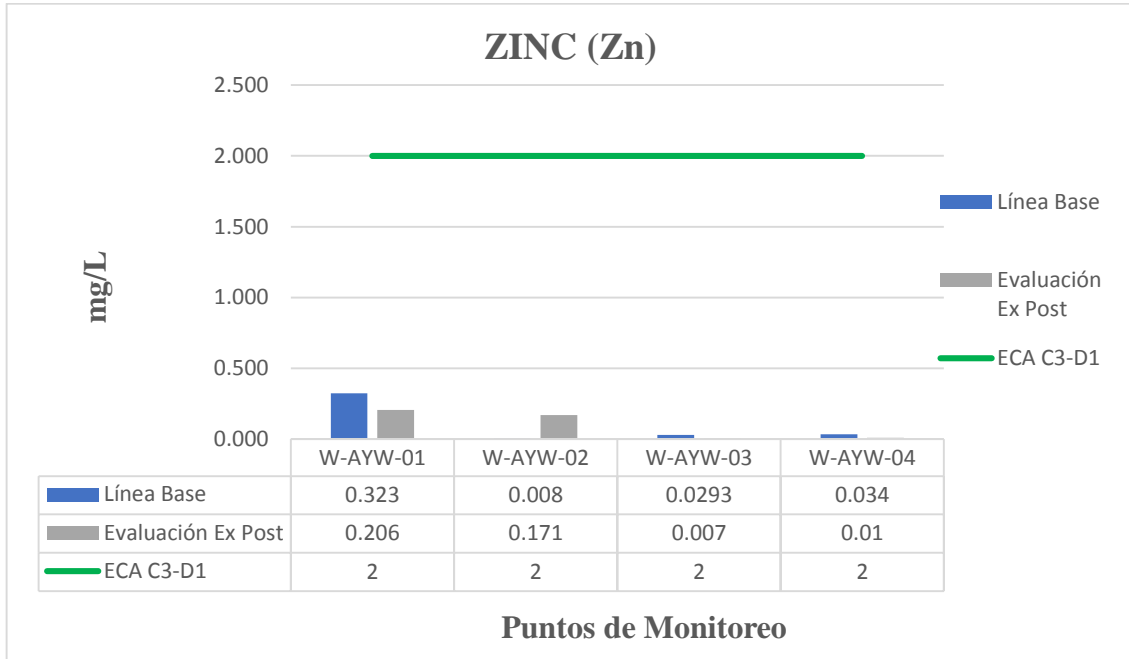


Gráfico 18 Valores de Aluminio y ECA C3.

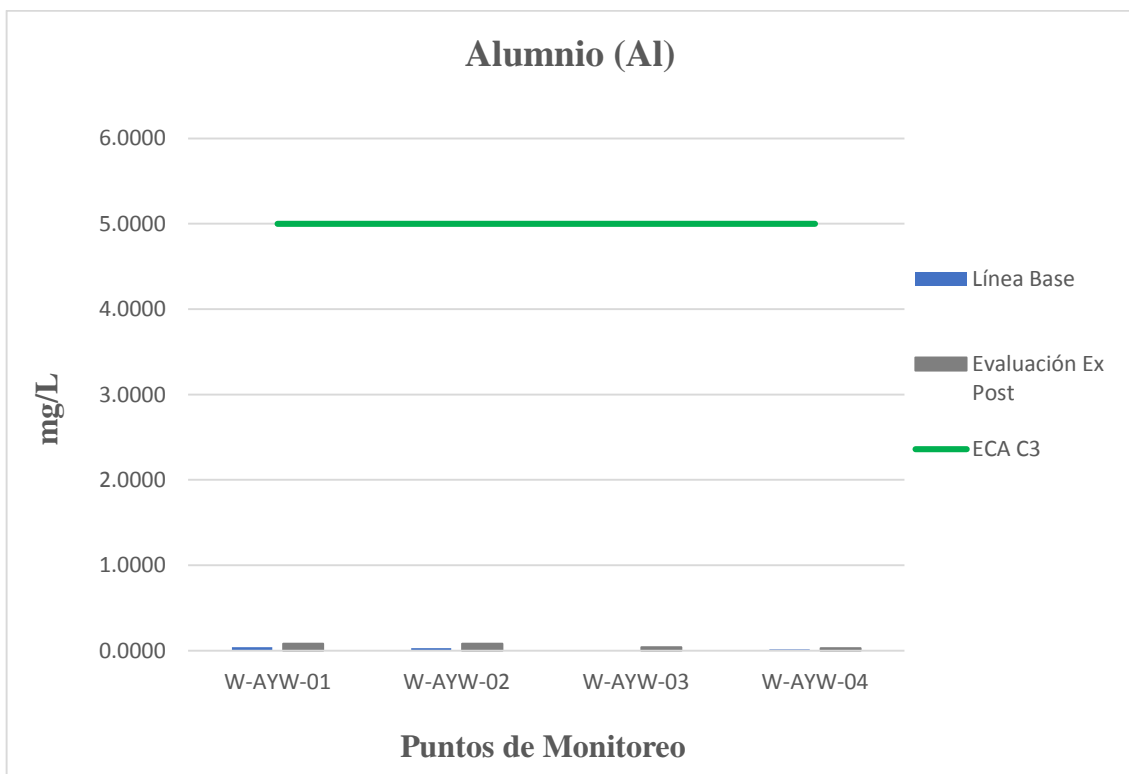


Gráfico 19 Valores de Magnesio y ECA C3.

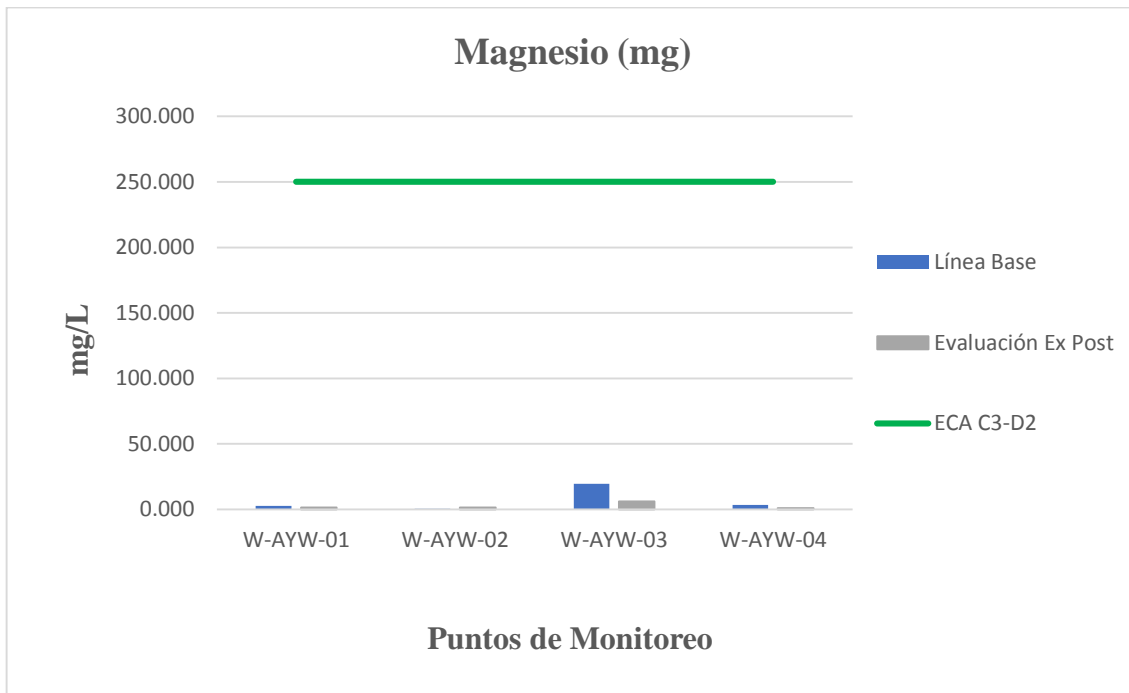
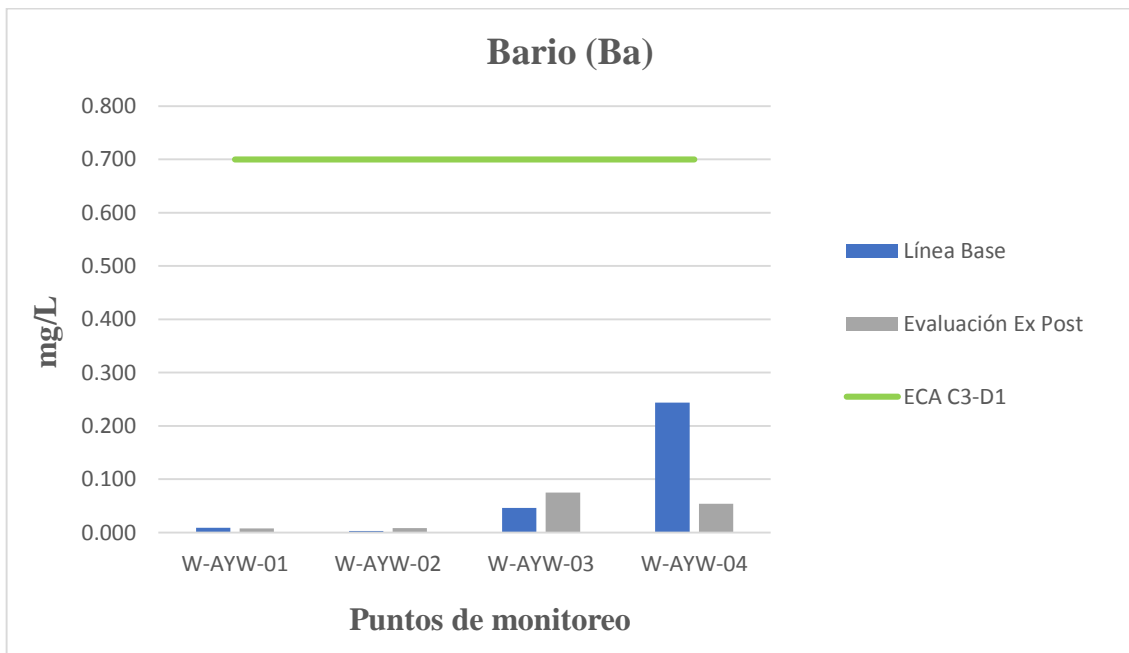


Gráfico 20 Valores de Bario y ECA C3.



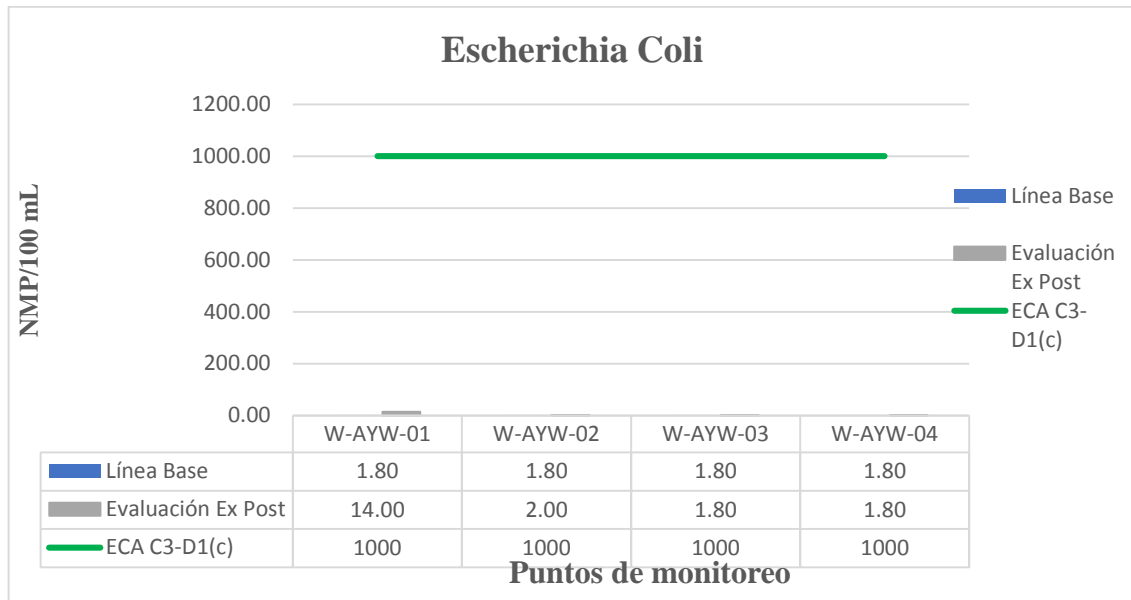
Los metales como Aluminio (Al), Magnesio (Mg) y Bario (Ba) no sobrepasan el valor referencial de calidad de agua para la categoría tres, como se aprecia en los gráficos anteriores.



#### 4.2.8. Parámetros microbiológicos

El parámetro Escherichia Coli en los cuatro puntos de muestreo no sobrepasan el valor referencial de Eca agua para la categoría tres.

Gráfico 21 Valores de Escherichia coli y ECA C3.



#### 4.3. Prueba de Hipótesis

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas, se comparó los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la línea base hidrológica (Ex Ante) y la evaluación Ex Post y se determinó que las actividades del proyecto de Exploración Minera Ayawilca no influyen en la calidad de agua porque de los 116 parámetros evaluados en los cuatro puntos de monitoreo dos no cumplen en línea base, mientras que en evaluación Ex Post de 116 parámetros evaluados 1 no cumple (Ver en la tabla 14 y 15). Cumpliéndose la hipótesis planteada:

Las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada Ayawilca no tienen variabilidad en sus parámetros después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca.

Tabla 14 Tabla de prueba de hipótesis.

PARÁMETRO	ECA C3		Unidades	Línea Base	Ex Post	Cumplimiento ECA	Línea Base	Ex Post	Cumplimiento ECA	Línea Base	Ex Post	Cumplimiento ECA	Línea Base	Ex Post	Cumplimiento ECA
	D1	D2		W-AY W-01	W-AY W-01		W-AY W-02	W-AY W-02		W-AY W-03	W-AY W-03		W-AY W-04	W-AY W-04	
<b>PARÁMETROS DE CAMPO</b>															
pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	Unidades pH	7.4	8,3	Si	6.9	8	Si	7.7	8,1	Si	6.1	7,7	No
Conductividad eléctrica	2500	5000	µS/cm	78.1	56,7	Si	24.3	73	Si	328.0	131,3	Si	92.8	29,7	Si
Oxígeno disuelto	≥4	≥5	mg/L	7.4	6,86	Si	6.4	6,51	Si	6.9	5,89	Si	6.0	6,63	Si
Temperatura	▲3	▲3	°C	6.8	13.9	Si	7.3	14,2	Si	12.0	12,4	si	14.5	12,2	Si
Caudal	**	**	L/s	-	3.7	*	432	604	*	6	4.7	*	0.5	0.3	*
<b>PARÁMETROS INORGÁNICOS</b>															
Cianuro WAD	0.1	0.1	mg/L	<0.001	<0.001	Si	<0.001	<0.001	Si	<0.001	<0.001	Si	<0.001	<0.001	Si
<b>ANIONES</b>															
Nitritos. NO2-	10	10	mg NO2-/L	<0.003	<0.005	Si	<0.003	<0.005	Si	0.039	<0.005	Si	0.016	<0.005	Si
sulfatos. SO4-2	1000	1000	mg/L	*	9,1	Si	*	9,7	Si	71.7	16	Si	36.3	2,2	Si
<b>METALES TOTALES</b>															
Aluminio (Al)	5	5	mg/L	0.040	0,082	Si	0.030	0,082	Si	0.0072	0,038	Si	0.0129	0,03	Si
Arsénico (As)	0.1	0.2	mg/L	0.002	0,00102	Si	0.002	0,00064	Si	0.0011	0,00102	Si	<0.0004	<0.0004	Si
Boro (B)	1	5	mg/L	<0.001	<0.002	Si	<0.001	<0.002	Si	*	0,004	Si	*	<0.002	Si
Bario (Ba)	0.7	**	mg/L	0.009	0,0081	Si	0.003	0,0083	Si	0.0465	0,0752	Si	0.2437	0,054	Si
Berilio (Be)	0.1	0.1	mg/L	<0.0001	<0.0001	Si	<0.0001	<0.0001	Si	<0.0006	<0.0001	Si	<0.0006	<0.0001	Si
Cadmio (Cd)	0.01	0.05	mg/L	<0.0002	<0.0001	Si	<0.0002	<0.0001	Si	*	<0.0001	Si	*	<0.0001	Si
Cobalto (Co)	0.05	1	mg/L	<0.0007	<0.0003	Si	<0.0007	<0.0003	Si	<0.0002	<0.0003	Si	0.0014	<0.0003	Si
Cromo (Cr)	0.1	1	mg/L	<0.002	<0.001	Si	<0.002	<0.001	Si	<0.0005	<0.001	Si	<0.0005	<0.001	Si
Cobre (Cu)	0.2	0.5	mg/L		0,0005	Si		0,0004	Si		0,0004	Si		0,0003	Si
Hierro (Fe)	5	**	mg/L	0.138	0,27	Si	0.019	0,14	Si	0.007	0,06	Si	2.1524	0,18	Si
Mercurio (Hg)	0.001	0.01	mg/L	<0.0003	<0.0007	Si	<0.0003	<0.0007	Si	<0.0001	<0.0007	Si	<0.0001	<0.0007	Si
Litio (Li)	2.5	2.5	mg/L	<0.0009		Si	<0.0009		Si	0.0019		Si	<0.0012		Si
Magnesio (Mg)	**	250	mg/L	2.547	1,33	Si	0.484	1,47	Si	19.4128	5,95	Si	3.3853	0,904	Si
Manganeso (Mn)	0.2	0.2	mg/L	0.051	0,18159	Si	0.006	0,03532	Si	0.0023	0,00998	Si	0.2819	0,01802	No
Niquel (Ni)	0.2	1	mg/L	0.001	0,0014	Si	0.001	0,0012	Si	<0.0004	0,0009	Si	0.0023	0,0009	Si
Plomo (Pb)	0.05	0.05	mg/L	0.002	0,0008	Si	0.001	0,00053	Si	<0.0002	0,00021	Si	0.0014	<0.0006	Si
Selenio (Se)	0.02	0.05	mg/L	<0.002	<0.0004	Si	<0.002	<0.0004	Si	<0.0002	<0.0004	Si	<0.0002	<0.0004	Si

Zinc (Zn)	2	24	mg/L	0,32 3	0,20 6	Si	0,00 8	0,17 1	Si	0,02 93	0,00 7	Si	0,03 4	0,01	Si
<b>PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS</b>															
Aceites y grasas	5	10	mg/L	<0,5	<0,2 5	Si	<0,5	<0,2 5	Si	<1,0	<0,2 5	Si	<1,0	<0,2 5	Si
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	15	15	mg/L	*	*	Si	*	*	Si	<2,0	<1,1	Si	<2,0	<1,1	Si
<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>															
Escherichia coli	100 0	**	NMP/ 100 mL	<1,8	14	Si	<1,8	2	Si	<1,8	<1,8	Si	<1,8	<1,8	Si
<b>PARÁMETROS PARASITOLÓGICOS</b>															
Huevos de helmintos	1	*	Huevo /litro	0	0	Si	0	0	Si	0	0	Si	0	0	Si

*Tabla 15 Contingencia.*

Contingencia					
Sector	Cumplimiento ECA C3 D1 Y D2				Total
	Línea Base		Evaluación Ex Post		
	Si Cumple	No cumple	Si Cumple	No cumple	
W-AYW-001	29	0	29	0	29
W-AYW-002	29	0	29	0	29
W-AYW-003	29	0	29	0	29
W-AYW-004	27	2	28	1	29
<b>TOTAL</b>	114	2	115	1	116

Como se puede apreciar en la tabla 15 la estación W-AYW-004 no cumple 2 de 29 parámetros evaluados en línea base, mientras que en evaluación Ex Post de 29 parámetros evaluados 1 no cumple.

Habiendo podido comprobar con las hipótesis planteadas que el proyecto de exploración Minera Ayawilca no exceden los valores umbrales o referenciales para riego de vegetales y bebida de animales y que en términos de ECA C3 del D.S 004-2017 MINAM no hay variabilidad entre evaluación Ex ante (línea base) y evaluación Ex Post (Después de las actividades). No obstante, con los datos históricos de monitoreo realizados por la empresa Tinka aplicando la variabilidad porcentual se puede encontrar una varianza de 130% a 200% en metales como; Hierro, zinc, magnesio y manganeso. Así mismo pudiendo encontrar una tendencia en variabilidad en el pH y manganeso en el agua se puede apreciar en los gráficos

número 22, 23 y 24, la cual se desconoce a precisión sus causas, pero se aduce que son por actividades de construcción de plataformas de perforación, accesos y usos insumo químicos como bentonita.

Gráfico 22 Variación porcentual de Hierro (Fe) según datos históricos de monitoreos ambientales.

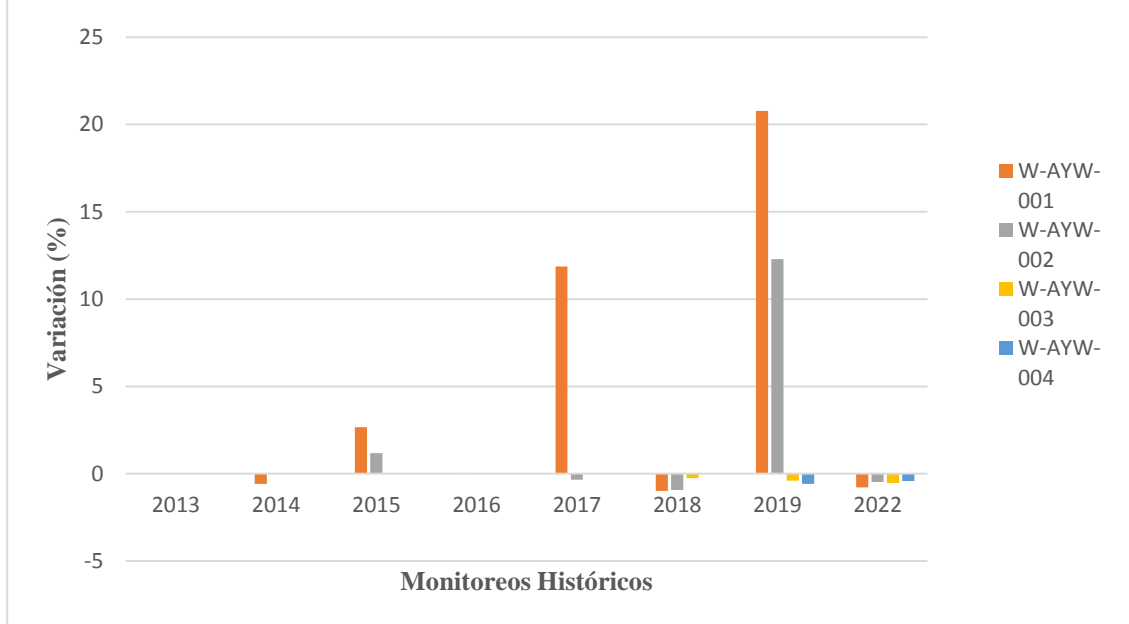
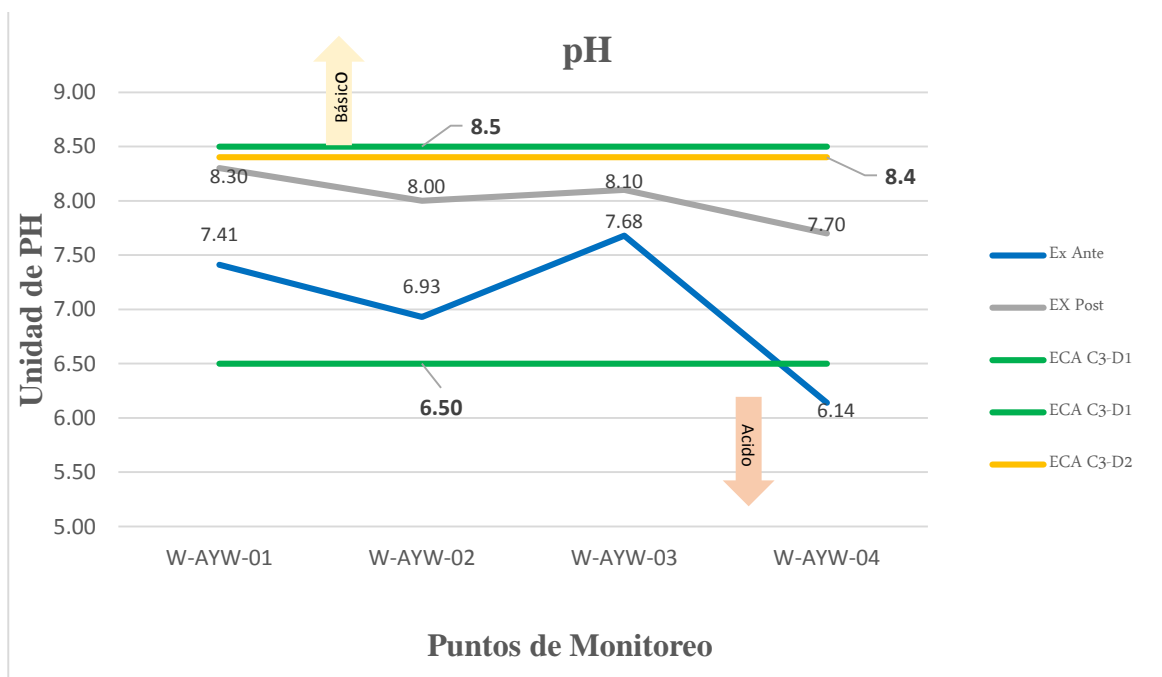
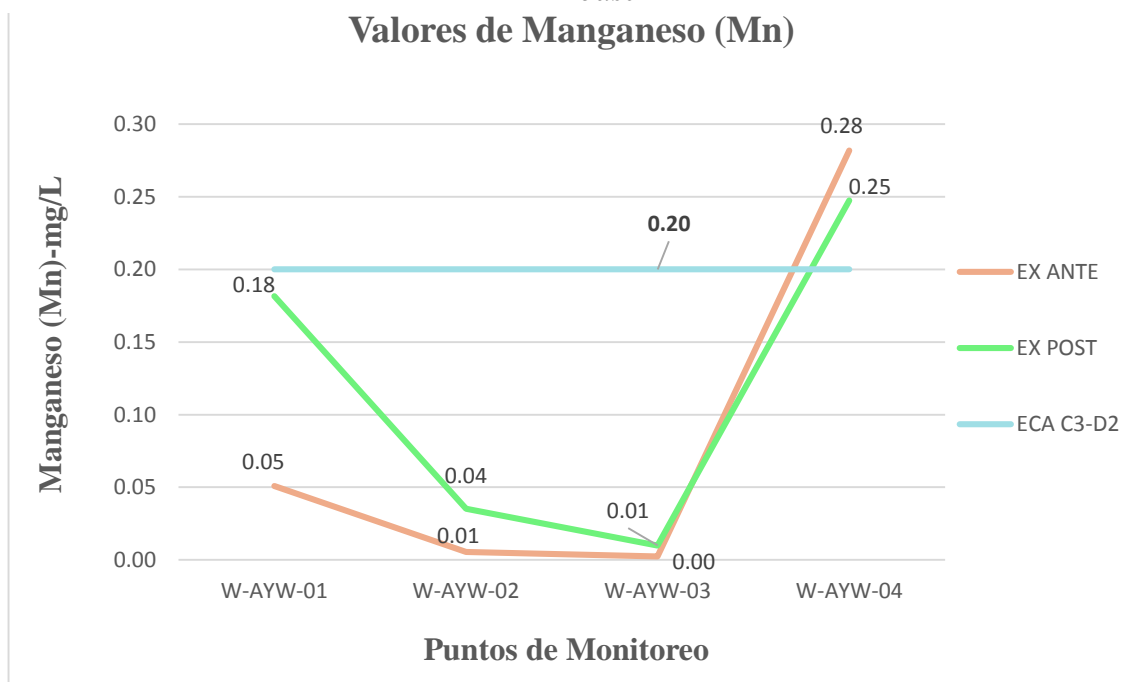


Gráfico 23 Variación tendencial de pH de evaluación Ex Post respecto a línea base.



Nota: En el gráfico se puede apreciar variación tendencial de pH de Ex Ante (línea base) respecto a evaluación Ex Post.

Gráfico 24 Variación tendencial de Manganeso (Mn) de evaluación Ex Post respecto a línea base



#### 4.4. Discusión de resultados

De los resultados obtenidos de los puntos de monitoreo; W-AYW-01 (Puquial ayawilca), W-AYW-02, (Riachuelo de la Qda. Ayawilca), W-AYW-3(Riachuelo de la Qda. Afluente Ayawilca) Y W-AYW04 (Puquial PQ1) se determina que todos los cuerpos de agua en mención cumplen los ECA agua para la categoría tres (riego de vegetales y bebida de animales) con excepción del punto de monitoreo W-AYW-04 que excede el ECA en el metal pesado manganeso, en los dos escenarios analizados, línea base (Evaluación Ex Ante) y evaluación Ex Post (Después de las actividades de exploración minera Ayawilca), se aduce que es debido a su abundancia natural en el área de estudio, ya que se evidencia su presencia en la geología y suelos local y que por procesos naturales llegan a los causes de los cuerpos de agua.

Comparando los resultados de los dos escenarios, línea base ambiental y evaluación Ex Post mediante el umbral de estándares de calidad del agua para la categoría tres, se determina que no hay variabilidad de la calidad de agua después de las actividades de exploración Minera Ayawilca, pudiendo concluir que los planes de manejo ambiental establecidos en los instrumentos de gestión ambiental (IGA) vienen siendo eficaces en la prevención de riesgos negativos hacia el medio ambiente

## CONCLUSIONES

De los objetivos planteados en la investigación se llegó a las siguientes Conclusiones:

1. Se evaluó los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada Ayawilca, después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca, las cuales cumplen los Eca agua para la categoría tres, riego de vegetales y bebida de animales, con excepción del Manganeso (Mn) que en la estación W-AYW-04 excede el valor referencial, en los dos escenarios, línea base y evaluación Ex Post debido a su presencia del metal en el suelo y geología del área de estudio.
2. La evaluación de parámetros de calidad del agua realizadas en la línea base ambiental del primer estudio de impacto ambiental semi detallado del año 2013, no muestran variabilidad en la calidad del agua después de nueve años de actividad del proyecto de exploración minera Ayawilca, quedando demostrado con la evaluación Ex Post realizado.
3. Los problemas socio ambientales generados en el área de influencia ambiental directa e indirecta en torno a la contaminación del agua, por parte de los comuneros de San Juan de Yanacocha hacia la empresa Tinka Resources S.A.C Titular del proyecto de exploración minera Ayawilca, es debido al desconocimiento de los pobladores del estado de la calidad del agua antes de inicio del proyecto, asimismo por pasivos ambientales ya existentes en la cabecera de la microcuenca de la quebrada de Ayawilca. Por otra parte, también por intereses de grupos sociales con fines económicos.
4. La aplicación de los instrumentos de gestión ambientales aprobados por la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM) para el proyecto de

exploración Minera Ayawilca vienen siendo en la actualidad eficaces en el plan de manejo del agua.



## **RECOMENDACIONES**

1. El titular del proyecto de exploración minera Ayawilca, Tinka Resources S.A.C debería realizar una socialización de su proyecto en mención al 100% de la población asentado en su área de influencia ambiental, a fin de poder minimizar o eliminar malos entendidos y conceptos acerca de los efectos de sus actividades en el medio ambiente.
2. En las actividades de construcción de plataformas en cuanto acabe la perforación diamantina volver a remediar o cubrir con mantos, para que el agua no erosione el suelo expuesto y no contamine las aguas.
3. El Proyecto de exploración minera Ayawilca, Tinka Resources S.A.C debe realizar constantemente el balance hídrico de sus operaciones, para determinar las fugas y su destino final de los químicos adicionados al agua y plantear medidas de control.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barreiro, A. M. C., & Roche, L. A. (2000). Diccionario de términos ambientales. Centro Félix Varela. <http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2018/08/Diccionario-de-Terminos-Ambientales.pdf>
- Carvajal, J., Rodríguez, C., Patiño, C., & Guevara, F. (2015). Desarrollo e implementación de un nuevo plan de mantenimiento para equipos de perforación diamantina. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, 11, 44-54.
- Castro Salazar, H. T. (2021). *Química Ambiental Básica (Vol. 1)*. Corporación Universitaria del Huila (CORHUILA).
- Chapman, D. (2021). *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. CRC Press.
- Constitución Política del Perú, del P. (1993). *Constitución política del Perú*. Lima, Perú.
- DE SAN JOSÉ, M. (2009). GLOSARIO DE TERMINOS AMBIENTALES. [hair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://doi.org/10.15446/air.v11n1.10000)
- Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental., V. (2012). *Glosario de Términos para la gestión ambiental peruana*. Lima, Perú: VGA. Disponible en <http://www.usmp.edu.pe/recursos humanos/pdf> ....
- Domènech, X., & Peral, J. (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. Reverte.

Esparza Gavilanes, A. I. (2019). La huella hídrica como indicador de sustentabilidad del uso del agua en taladros de perforación del proyecto minero de exploración avanzada cascabel en la provincia de Imbabura [Master's Thesis].

Eustaquio Rojas, J. L. (2019). Propiedades del agua.

Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación (Sexta).  
<https://www.esup.edu.pe/wpcontent/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20BaptistaMetodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Ley de Reforma Constitucional que reconoce el Derecho de Acceso al Agua como Derecho Constitucional-LEY-N°30588.(2017).

<http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-de-reforma-constitucional-que-reconoce-el-derecho-de-acc-ley-n-30588-1536004-1/>

Ley General del Ambiente, L. G. (2005). LEY N° 28611. Lima, Perú. Octubre.

Manahan, S. E. (2006). Introducción a la química ambiental. Reverté.

Melgarejo Reyes, J. M. (2009). Evaluación ambiental del proyecto de exploración minera Islay. Universidad Nacional de Ingeniería.  
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/528>

Organización Mundial de la Salud. (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano: Cuarta edición que incorpora la primera adenda (4a ed + 1a adenda). Organización Mundial de la Salud.  
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/272403>

- Picoy Estrella, C. A. (2018). Factores que determinan el grado de contaminación de la cabecera de microcuenca del Río Tingo, en la quebrada de Rumiallana.
- Prado, J. M. F., Cáceres, D. M., Díaz, F. V., & Acosta, E. T. (2013). Agua, minería y comunidades campesinas en la región Tacna. *Ciencia y Desarrollo*, 15, 73-80.
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía—SNMPE. (s. f.). Recuperado 23 de febrero de 2022, de <https://www.snmpe.org.pe/>
- Tanjál, C. V., Santucci, L., Carol, E. S., & Richiano, S. M. (2017). Recursos hídricos vs explotación minera: Monitoreo de la calidad del agua como base de la gestión de lentes de agua dulce. VI Congreso Bianual PROIMCA y IV Congreso Bianual PRODECA (Bahía Blanca, 2017).

## **ANEXOS**



Evaluación Ex Post de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca, para determinar su calidad después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca, distrito de Yanahuanca-Pasco-2022.

Tabla 17 Matriz de consistencia.

<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variables e indicadores</b>	<b>Metodología</b>
<p>1. ¿De qué manera la evaluación Ex Post de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca determinará la calidad del agua, después de las actividades de Exploración Minera Ayawilca?</p>	<p>1. Evaluar parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada Ayawilca, después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca.</p>	<p>Las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada Ayawilca no tienen variabilidad en sus parámetros después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca.</p>	<p>Para corroborar la anterior hipótesis formulado determinamos las variables e indicadores</p>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>El proyecto de investigación es de tipo descriptivo, analítico y correlacional. (Hernández Sampieri, 2014). Por ello la presente investigación busca determinar si existe variabilidad de la calidad del agua después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca</p>
<p><b>Problema Específicos</b></p> <p>2.1 ¿Cuál es la composición física, química y microbiológica de las fuentes de agua; Puquial</p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>2.1. Evaluar la composición física, química y microbiológica de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo</p>	<p><b>Hipótesis Específicos</b></p> <p>1. La calidad de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca después de las actividades del proyecto de Exploración Minera</p>	<p>Actividades de Exploración Minera Ayawilca</p>	<p><b>Nivel de investigación</b></p> <p><b>Descriptivo:</b> explica y analiza las características del agua en dos temporadas y escenarios distintos.</p> <p><b>Analítica:</b> Se analiza los parámetros de calidad del agua después de nueve años de actividad del proyecto de exploración minera Ayawilca.</p>
			<p><b>Variable x = variable independiente</b></p>	
			<p><b>Variable y = variable dependiente</b></p>	

<p>Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca, después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca?</p> <p>2.2. ¿Cuál es la calidad de los parámetros físicos químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca, antes de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca?</p>	<p>de la quebrada de Ayawilca, después de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca.</p> <p>2.2. Determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca, antes de las actividades del proyecto de Exploración Minera Ayawilca.</p>	<p>Ayawilca, cumplen con los parámetros para la categoría 3 según el D.S. 004-2017 MINAM estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.</p> <p>2.2. 1. Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca antes de las actividades del Proyecto de Exploración Minera Ayawilca, cumplen con la categoría 3 según el D.S. 004-2017 MINAM estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.</p>	<p>Calidad de las fuentes de agua; Puquial Ayawilca, Puquial Pq1 y riachuelo de la quebrada de Ayawilca.</p>	<p><b>Correlacional:</b> porque da a conocer la relación de las actividades del proyecto de exploración minera ayawilca con la calidad del agua.</p> <p><b>Método de investigación</b></p> <p>La investigación se desarrolla en convenio con el Titular del proyecto de Exploración Minera Ayawilca y con el laboratorio acreditado AGQ Las S.A.C.</p> <p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>La investigación es de diseño no experimental u observacional.</p>
---	--	---	--	--



Tabla 18 Tabla D.S 004-2017/MINAM Ecas agua categoría 3.

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

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</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)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	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> <sup>-</sup> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</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	mg/L	2		24
<b>ORGÁNICO</b>				
<b>Bifenilos Policlorados</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35		35
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difeníl Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	µg/L	1		11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminthos	Huevo/L	1	1	**

**Nota:** valores referenciales de parámetros de calidad de agua, categoría tres (riegos de vegetales y bebida de animales). Fuente: D.S 004-2017/MINAM

Tabla 17 Informe de ensayo desarrollado por el laboratorio AGQ Labs



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO Nº LE-072



### INFORME DE ENSAYO

Estudio: MAM-22/00081 MONITOREO AMBIENTAL – AYAWILCA	Tipo de Muestra: Agua de Río
<b>RESULTADOS ANALÍTICOS</b>	

Nº de Referencia	Descripción (*)	A-22/112378-M1 W-AYW-01	A-22/112378-M1 W-AYW-02	A-22/112378-M1 W-AYW-03	A-22/112378-M1 W-AYW-04
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>				
<b>Mediciones In Situ</b>					
*& Caudal In Situ Medido Cliente	L/s	3,7	4,4	4,7	0,3
*& Conductividad Eléctrica In Situ Medido Cliente	µS/cm a 25°C	56,7	73	131,3	29,7
*& Oxígeno Disuelto In Situ Medido Cliente	mg/L	6,86	6,51	5,89	6,63
*& pH In Situ Medido Cliente	Unidades de pH	8,31	8,09	8,11	7,71
*& Temperatura Medido Cliente	°C	13,9	14,2	12,4	12,2
<b>Parámetros Físico-Químicos</b>					
µ- Aceites y Grasas	mg/L	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
α- Conductividad Eléctrica	µS/cm a 25°C	-	-	-	-
α- DBO5	mg/L	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
α- Sólidos Totales Disueltos	mg/L	-	-	-	-
α- Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg/L	-	-	-	-
<b>Aniones -</b>					
Nitratos, NO3-	mg/L	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Nitritos, NO2-	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
sulfatos, SO4-2	mg/L	9,1	9,7	16	2,2
Sulfuros	mg/L	-	-	-	-
<b>Metales Totales</b>					
Aluminio (Al)	mg/L	0,082	0,082	0,038	0,03
Arsénico (As)	mg/L	0,00102	0,00064	0,00102	<0,00004
Boro (B)	mg/L	<0,002	<0,002	0,004	<0,002
Bario (Ba)	mg/L	0,0081	0,0083	0,0752	0,054
Berilio (Be)	mg/L	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
Cadmio (Cd)	mg/L	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
Cobalto (Co)	mg/L	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003
Cromo (Cr)	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cobre (Cu)	mg/L	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003
Hierro (Fe)	mg/L	0,27	0,14	0,06	0,18
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,00007	<0,00007	<0,00007	<0,00007
Litio (Li)	mg/L				
Magnesio (Mg)	mg/L	1,33	1,47	5,95	0,904
Manganeso (Mn)	mg/L	0,18159	0,09532	0,00998	0,01802
Níquel (Ni)	mg/L	0,0014	0,0012	0,0009	0,0009
Plomo (Pb)	mg/L	0,0008	0,00053	0,00021	<0,00006

## INFORME DE ENSAYO

Estudio: MAM-22/00081 MONITOREO AMBIENTAL – AYAWILCA		Tipo de Muestra: Agua de Río			
RESULTADOS ANALÍTICOS					
N° de Referencia	Descripción (*)	A-22/112378-M1 W-AYW-01	A-22/112378-M1 W-AYW-02	A-22/112378-M1 W-AYW-03	A-22/112378-M1 W-AYW-04
<b>Metales Totales</b>					
Selenio (Se)	mg/L	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004
Zinc (Zn)	mg/L	0,206	0,171	0,007	0,01
<b>Microbiológicos</b>					
Coliformes termo tolerantes	NMP/100 mL	-	-	-	-
Coliformes totales	NMP/100 mL	330	7900	2400	490
Escherichia coli	NMP/100 mL	14	2	<1,8	<1,8
Huevos helmintos	Huevo/litro	0	0	0	0

FECHA DE EMISIÓN: 26/09/22

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (\*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

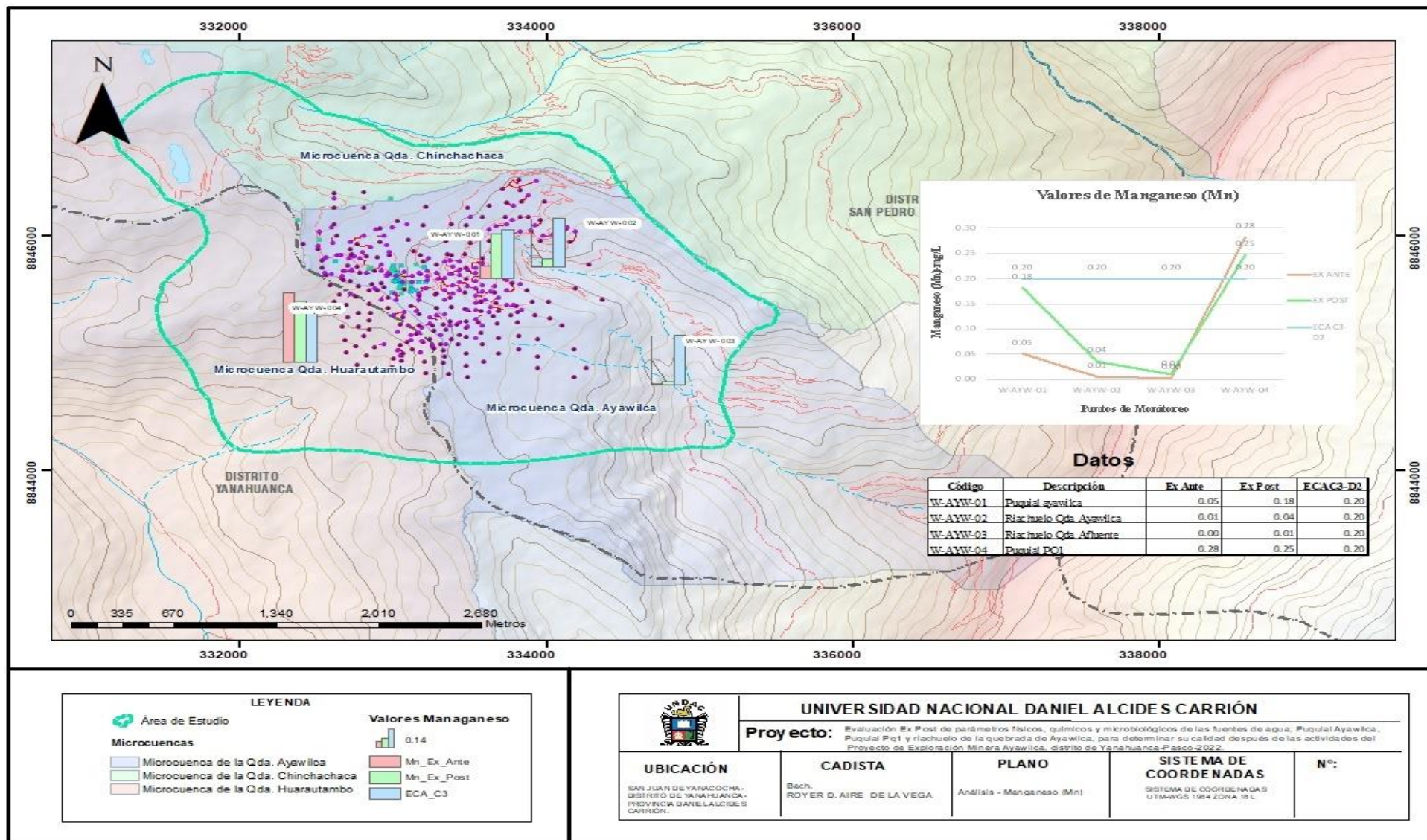
(13) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS. (8) Ensayo No cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.

(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA  
(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.



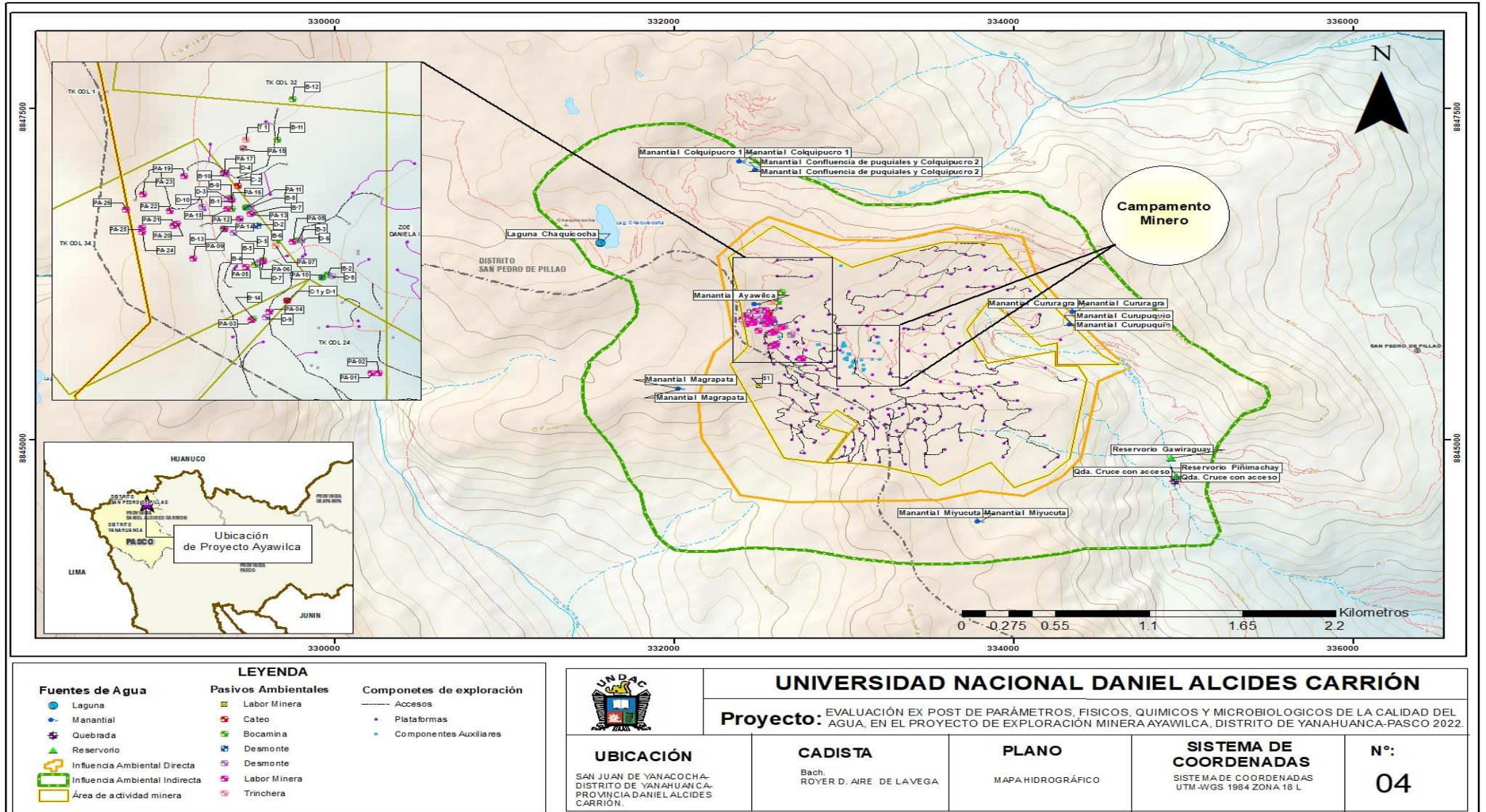
Gráfico 25 Mapa de Resultados de Manganeso.



**Nota:** Valores de manganeso (Mn) presentados en histogramas y ubicación geográfica.



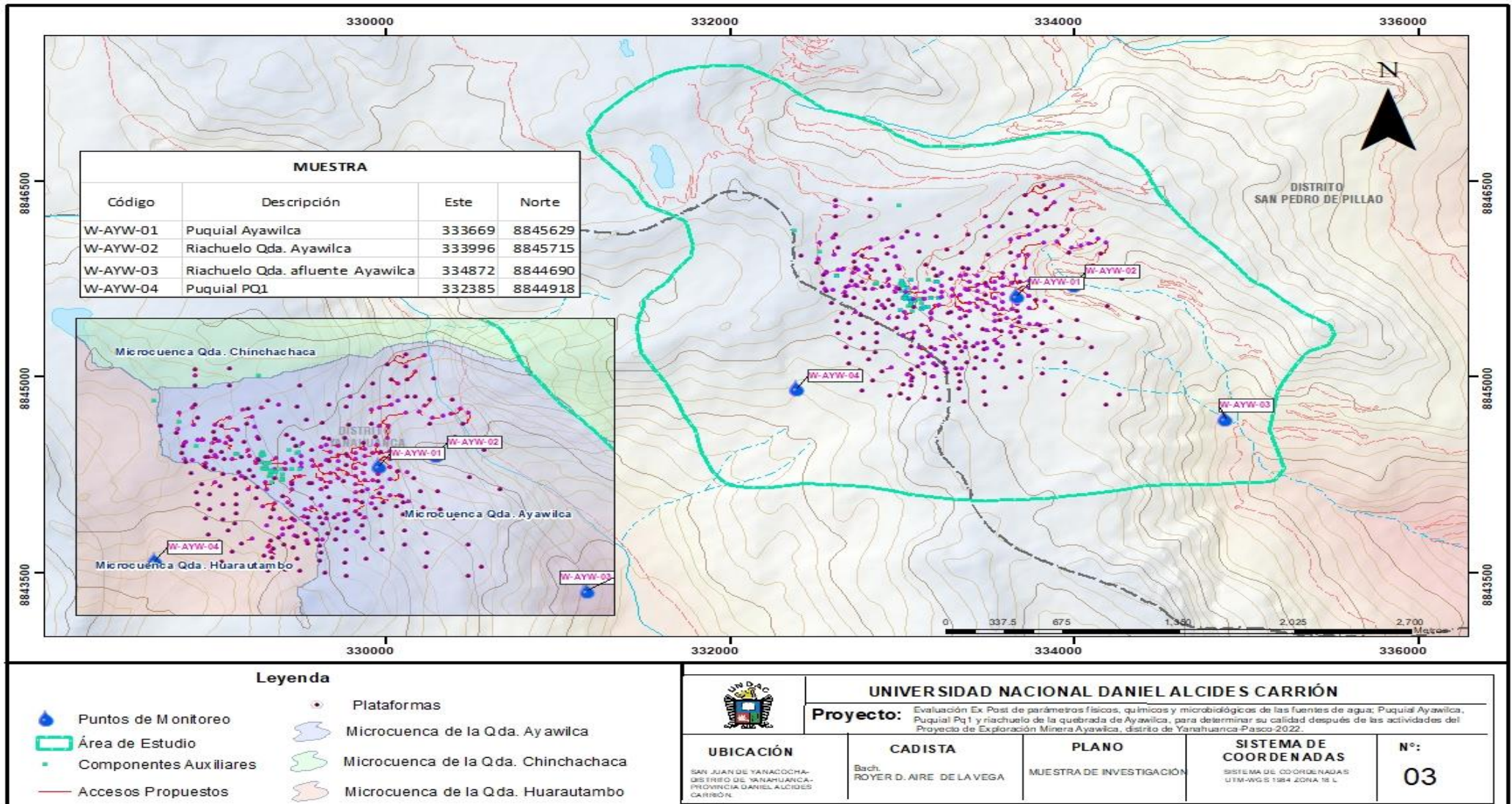
Gráfico 26 Mapa de componentes del proyecto de exploración minera Ayawilca.



**Nota:** El mapa de componentes del proyecto de exploración minera Ayawilca se desarrolló en base a los datos y valores de la segunda modificatoria del estudio de impacto ambiental semi detallado (EIASd) del proyecto en mención.



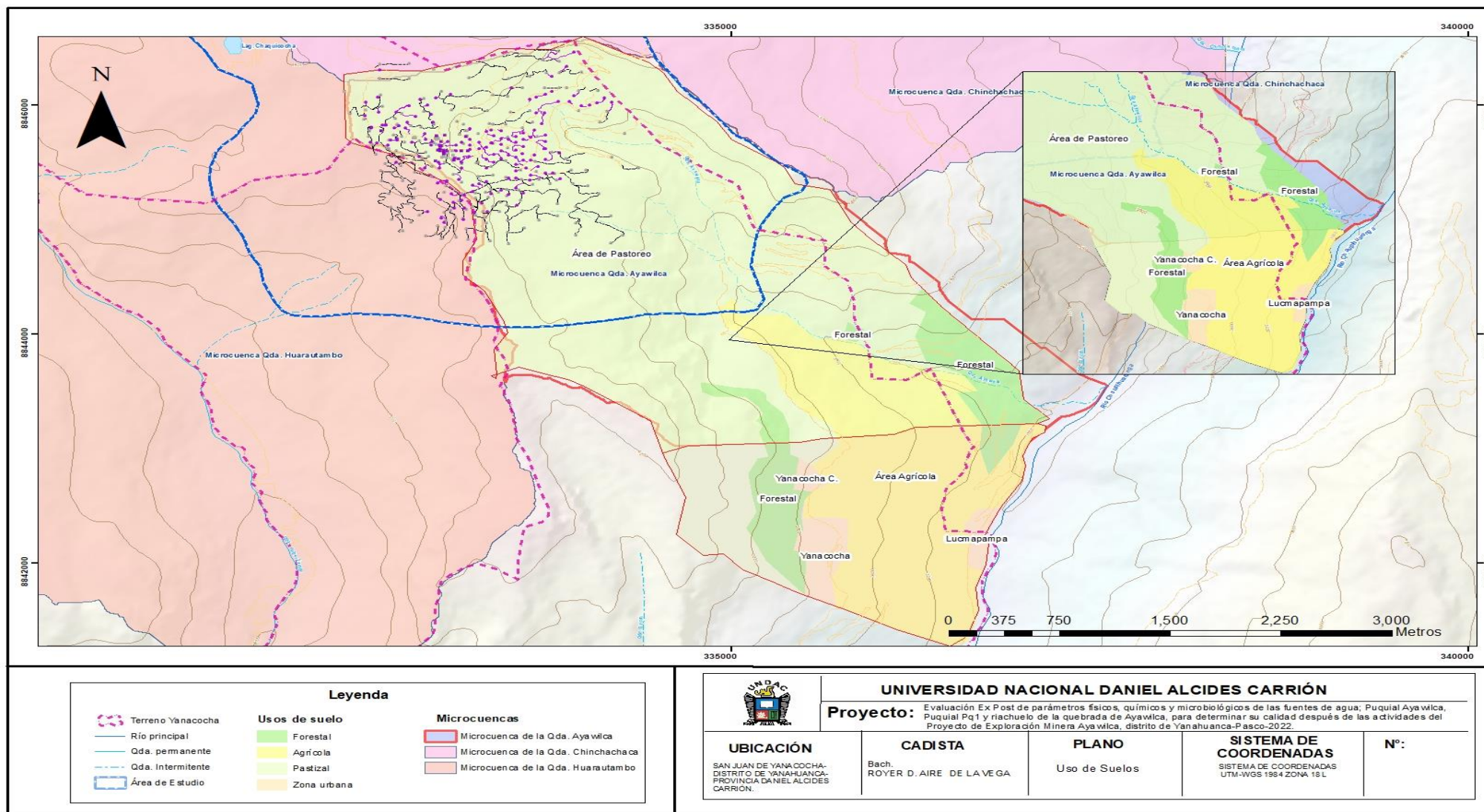
Gráfico 27 Mapa de Puntos de Monitoreo.



**Nota:** Ubicación geográfica de puntos de monitoreo de calidad de agua y coordenadas de ubicación en sistema WGS 1984 UTM Zona 18s.



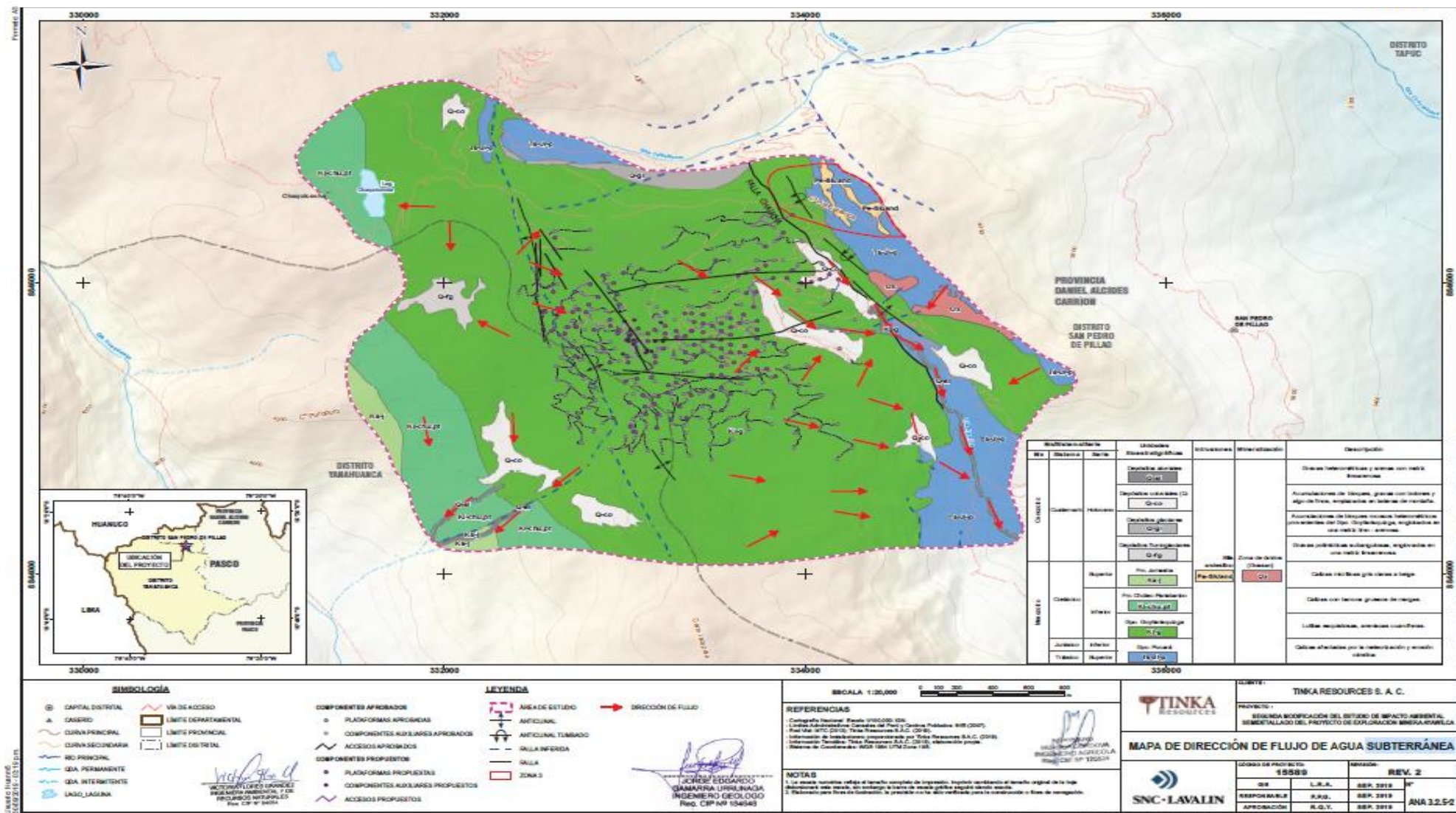
Gráfico 28 Mapa de uso actual de suelo en la microcuenca de la Qda. Ayawilca



**Nota:** Uso de suelo en la microcuenca de la quebrada ayawilca, mapa que responde a la sustenta a la justificación económica.



Gráfico 29 Mapa de Dirección de flujo de agua subterránea







**Nota:** Mapa que responde al criterio tomado para la ubicación de puntos de monitoreo de calidad de agua. **Fuente:** Tomado de la segunda modificatoria del EIA sd del proyecto de exploración minera ayawilca desarrollado por la empresa SNC-LAVALIN.





## FOTOGRAFIA DE PUNTOS DE MONITOREO

Gráfico 31 Fotografía de Puntos de monitoreo de agua In situ.

	<p><b>Fotografía 1:</b> Estación de monitoreo W- AYW-01 (Puquial Ayawilca).</p>		<p><b>Fotografía 2:</b> Estación de monitoreo W- AYW-02 (Riachuelo de la Qda Ayawilca).</p>
	<p><b>Fotografía 3:</b> Estación de monitoreo W- AYW-03 (Riachuelo afluente de la Qda Ayawilca).</p>		<p><b>Fotografía 4:</b> Estación de monitoreo W- AYW-04 (Puquial PQ1).</p>



## FOTOGRAFÍA DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Gráfico 32 Fotografía recolección de muestras de agua.



**Fotografía 6.**  
Recolección de  
muestras en  
recipientes rotulados.



**Fotografía 7:**  
Medición de  
parámetros de  
campo.

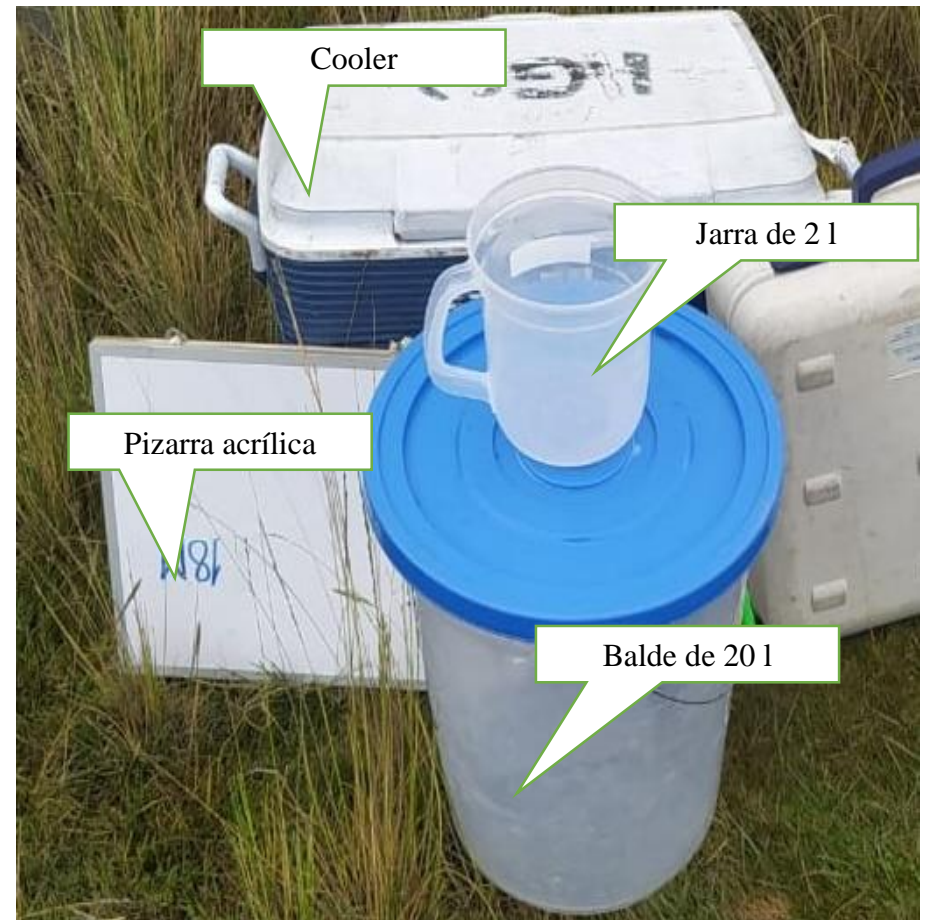


**Fotografía 8:**  
Medición de caudal in  
situ.



**Fotografía 9:**  
Almacenamiento  
de muestras en  
cooler.

*Gráfico 28 Equipos y materiales usados en la investigación.*



**Nota:** Equipos y Materiales usados en la recolección de muestras en los cuatro puntos de muestreo de calidad de agua.