

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“MAPEO HIDROGEOLÓGICO PARA MEDIR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS MANANTIALES COLINDANTES AL ESTE DE MINERA LA ZANJA EN EL SECTOR DE PISIT, TONGOD – CAJAMARCA, 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autores:

Antonhy Sanchez Mendoza

Orestedes Waldir Sanchez Torres

Asesor:

Mg. Sc. Ronald Smith Mayta Rodas

Cajamarca - Perú

2022

## DEDICATORIA

Dedicado a nuestras familias por ser los promotores de nuestros sueños, quienes a lo largo de nuestra vida han estado alentándonos a convertir esos sueños en realidad.

De todo corazón a nuestros queridos y adorados padres, por su apoyo incondicional y ejemplos de sacrificio, perseverancia y sus ánimos de superación que nos propagan siempre, sin ellos todo esto no sería posible.

Antonhy Sanchez Mendoza  
Orestedes Waldir Sanchez Torres

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por habernos dado la vida, la salud, quien nos ha guiado y fortalecido para seguir adelante, a nuestros docentes de la Escuela académico profesional de ingeniería geológica, Universidad Privada del Norte gracias por las buenas prácticas de valores frente a la sociedad. De manera muy especial al ING. Ronald Smith Mayta Rodas, quién supo orientarnos correctamente, por sus conocimientos y enseñanzas transmitidos para hacer realidad esta investigación.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>68</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	14
TABLA 2. FICHA DE MAPEO HIDROGEOLÓGICO .....	19
TABLA 3. COORDENADAS.....	20
TABLA 4. ETIQUETAS DE MUESTREO. ....	21
TABLA 5. ACCESOS A LA ZONA DE ESTUDIO. ....	28
TABLA 6. ANÁLISIS DE ANIONES Y CATIONES DE LAS MUESTRAS DE AGUA. ....	46
TABLA 7. ANÁLISIS QUÍMICOS DEL AGUA, METALES DISUELTOS.....	47
TABLA 8. COLIFORMES TERMOTOLERANTES. ....	48
TABLA 9. RELACIÓN ENTRE LA CONDUCTIVIDAD Y DUREZA DEL AGUA.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MATERIALES UTILIZADOS PARA MEDICIÓN DEL CAUDAL CON EL MÉTODO VOLUMÉTRICO. ....	17
FIGURA 2. MATERIALES UTILIZADOS PARA MEDIR EL CAUDAL CON EL MÉTODO ÁREA-VELOCIDAD.....	18
FIGURA 3: ESQUEMA DEL DIAGRAMA DE PIPER. ....	22
FIGURA 4: MODELO DE GRAFICA SCHOLLER. ....	23
FIGURA 5. ESQUEMA DEL DIAGRAMA DE STIFF. ....	24
FIGURA 6. DIAGRAMA DE SALINIDAD PARA CLASIFICACIÓN DE AGUAS DE RIEGO. ....	25
FIGURA 7. INTERFAZ DEL PROGRAMA DIAGRAMMES.....	25
FIGURA 8. DESCARGA DE PLANTILLA. ....	25
FIGURA 9. IMPORTACIÓN DE DATOS. ....	26
FIGURA 10. IMPORTACIÓN DE DATOS. ....	26
FIGURA 11. ANÁLISIS DE DATOS.....	26
FIGURA 12. INTERFAZ DEL PROGRAMA EASY_QUIM.....	27
FIGURA 13. PROCESAMIENTO DE DATOS. ....	27
FIGURA 14. MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO. ....	29
FIGURA 15. MAPA DE ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO. ....	30
FIGURA 16. MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO. ....	33
FIGURA 17. FORMACIÓN LLAMA, ROCA VOLCÁNICA DE COMPOSICIÓN ANDESITA. ....	34
FIGURA 18. ROCA VOLCÁNICA ANDESITA CON FRAGMENTOS Y CRISTALES SUB REDONDEADO, PLAGIOCLASAS Y CON ALTERACIÓN SÍLICE. ....	34
FIGURA 19. FORMACIÓN PORCULLA. VISTA PANORÁMICA DE ROCA VOLCÁNICA CON ALTERACIONES, PRESENCIA DE ARCILLAS Y ALGUNOS ÓXIDOS COMO LIMONITA, JAROSITA. ....	35
FIGURA 20. VISTA PANORÁMICA DEL CAMBIO GEOMORFOLÓGICO DEFINIDO POR ROCAS VOLCÁNICAS. VISTA AL NE.....	36
FIGURA 21. PLANICIE CON PRESENCIA DE MANANTIALES. ....	36
FIGURA 22: LOMADAS ENCONTRADAS, CUBIERTAS DE VEGETACIÓN, ROCAS VOLCÁNICAS Y QUEBRADAS AFLUENTE AL RIO PISIT. ....	37
FIGURA 23. LADERA ENCONTRADA POR LA CARRETERA CON PRESENCIA DE ROCA VOLCÁNICA ALTERADA. ...	37
FIGURA 24. FLORA DEL CENTRO POBLADO DE PISIT. ....	38
FIGURA 25. MAPA HIDROGEOLÓGICO. ....	40
FIGURA 26. SECCIÓN GEOLÓGICA A-A'. FUENTE. PROPIA.....	41
FIGURA 27. SECCIÓN GEOLÓGICA B-B'. FUENTE. PROPIA. ....	42
FIGURA 28. CLASIFICACION DE LAS AGUAS SEGÚN LOS DIAGRAMAS DE PIPER, UTILIZANDO LOS SOFTWARE DIAGRAMME Y ESAY-QUIM.....	49
FIGURA 29. CLASIFICACION DE LAS AGUAS SEGÚN LOS DIAGRAMAS DE SCHOELLER BERKALOFF, UTILIZANDO LOS SOFTWARE DIAGRAMME Y ESAY-QUIM.....	50
FIGURA 30. DIAGRAMA DE STIFF. ....	51
FIGURA 31. DIAGRAMA DE SALINIDAD. ....	52
FIGURA 32. RÉGIMEN DE FLUJO DE LOS MANANTIALES DE LA ZONA DE ESTUDIO. ....	53
FIGURA 33. PH DE LOS MANANTIALES. ....	55
FIGURA 34. CAUDAL DE LOS MANANTIALES. ....	56
FIGURA 35. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS MANANTIALES. ....	57
FIGURA 36. SOLIDOS TOTALES DISUELTOS DE LOS MANANTIALES.....	58
FIGURA 37. TEMPERATURA DE LOS MANANTIALES. ....	59

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo realizar un Mapeo hidrogeológico para medir la situación actual de los manantiales colindantes al Este de minera la zanja en el sector de Pisit, Tongod –Cajamarca, 2022. En esta zona se inventariaron, 33 manantiales, 40 pantanos, 1 laguna, 1 catarata y 44 puntos en quebradas y ríos. Durante la visita a campo se recolectaron tres (03) muestras representativas, para posteriormente, ser analizadas a cargo del Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca. Evaluando así, las concentraciones de metales disueltos de las aguas subterráneas, con intención de hallar anomalías, dando como resultado altas concentraciones de Sílice, esto debido, a las rocas volcánicas alteradas presentes en la investigación, así mismo, se ejecutó el procesamiento de datos mediante softwares (Diagrammes y Easy Quim), para determinar el tipo de agua que tenemos, obteniendo como resultado, bicarbonatada cálcica y/o magnésica. Por otro lado, se realizó la toma de datos de parámetros fisicoquímicos (pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Total de Sólidos Disueltos y caudal), corroborando, los resultados de laboratorio, indicando por qué el tipo de agua, gracias a sus propiedades. finalmente se elaboró los perfiles geológicos A-A' y B-B', esto brindó un escenario más claro, deduciendo que la recarga de las fuentes de agua subterráneas proviene de las zonas más altas por la precipitación e infiltración, transcurriendo por fracturas y poros atreves de las rocas volcánicas llegando a hacia las partes bajas del valle obedeciendo a la gravedad terrestre.

**Palabras clave:** Hidrogeología, parámetros Fisicoquímico, Agua subterránea, concentraciones químicas.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En el año 2022, el problema de los recursos hídricos, es que en su mayoría son renovables, pero la sobreexplotación y la contaminación que provocan diversas actividades humanas hacen que los recursos hídricos estén en riesgo. (Porto, J. y Merino, M., 2016). Los recursos hídricos son una fuente muy importante de abastecimiento para el consumo humano, agrícola e industrial. Según Sahuquillo, A. (2009), una de las grandes dificultades que enfrenta la Humanidad es la falta de agua dulce. Más del 97.5% del agua de la tierra es agua salada, cuyo aprovechamiento es complejo. Por lo tanto, apenas un 2,5% del agua del planeta es agua dulce y, a su vez, de dicho porcentaje un 68,9% se halla contenido en los casquetes polares y glaciares del planeta, y otro 30,1% en los depósitos acuíferos que se hallan debajo de la superficie. Lo cual deja apenas un 0.4 % de agua dulce superficial disponible para su aprovechamiento directo.

Por otra parte, en el estudio “Origen de los manantiales de la costa verde” desarrollado por Rojas, et al. (2013), trata de determinar el origen los manantiales de la playa Costa Verde, situada en los distritos de Barranco, Miraflores y Magdalena de la provincia de Lima, Perú. Esos manantiales, cerca y a nivel del mar, sobreviven al proceso de urbanización de los terrenos de cultivo, iniciado en la década de los años 70, el que mermó el nivel freático del acuífero de Lima, e hizo desaparecer las filtraciones de agua en los acantilados. Los valores de conductividad y temperatura, determinados in situ. Los análisis en laboratorio no mostraron indicios significativos de coliformes fecales ni totales, descartando posibles filtraciones de la red de alcantarillado de Lima. Las concentraciones isotópicas del agua difieren del promedio de las obtenidas para

las aguas del acuífero de Lima, recargado por infiltraciones del río Rímac. Estos resultados sugieren que las aguas de los manantiales de la Costa Verde provienen de una recarga directa en la cuenca media del río, producto de la infiltración del río o de precipitaciones a una altitud del orden de 3600 m.

De la misma manera, en el informe técnico “Perímetros de protección de manantiales en la Zona Oriental de Arequipa, región de Arequipa” elaborada por Peña, F. (2018) El presente trabajo, nos permitió medir la permeabilidad de las rocas volcánicas, conocer sus propiedades físicas e hidrogeológicas, y toma de muestras en los manantiales para conocer las características químicas de las aguas subterráneas e identificar su procedencia. La cantidad de descarga de aguas subterráneas que existe corresponde a 61 fuentes; entre manantiales, fuentes termales y pozos. Según el cartografiado hidrogeológico se identificó dos subsistemas de reservorios acuíferos; el primero en rocas volcánicas y el segundo en depósitos aluviales. Para interpretar el origen y procedencia de las aguas subterráneas, se usó la técnica de caracterización y zonificación de flujos locales, intermedios y regionales, concluyendo que los manantiales de cuantiosos caudales provienen de flujos intermedios con ligera interacción con flujos locales, los manantiales de bajo caudal son de flujos locales y las fuentes termales entre flujos regionales a intermedios.

Así mismo en la tesis “Calidad del agua de los manantiales que abastecen a la población del caserío de Pomabamba - distrito de Jesús - provincia de Cajamarca” presentada por Ocas, H. (2017) los manantiales evaluados en esta investigación son recargados por la infiltración del agua de lluvia que a su paso disuelven las rocas ofertando agua ligeramente acida con un pH promedio de 5,78, oxígeno disuelto de

4,17 mg.L<sup>-1</sup> , concentraciones de aluminio de 0,28 mg.L<sup>-1</sup> , cromo 0,43 mg.L<sup>-1</sup> y hierro 0,58 mg.L<sup>-1</sup> ; asimismo, presentan concentraciones de sodio, calcio y potasio. La presencia de coliformes en el agua es 23 NMP.100-1mL como valor máximo, lo que indica que el agua de los manantiales evaluados Cotosacha, Ñoñorco, La Masma, Chupiticaga y Vergaray es de buena calidad para el consumo humano previo un tratamiento no convencional a fin de reducir las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos que ayuden a mejorar la calidad del agua.

La presente investigación se desarrolla en el centro poblado de Pisit, el cual se encuentra a una altitud de 3281 msnm, perteneciendo al distrito de Tongod, al Este de la mina la Zanja, íntegramente ubicado en la cuenca del Chancay-Lambayeque en la subcuenca Cañad, tiene un relieve variado y accidentado, que incluye pequeños valles alto andinos, mesetas y otras elevaciones. Los recursos hídricos de esta zona son captados en pozos y utilizados para el consumo humano, agrícola y la empresa minea.

Debido a la ubicación de la mina, en la parte alta, zona de recarga de los manantiales, se realiza un mapeo hidrogeológico, así mismo se determina los parámetros físico-químicos in situ, con el medidor multifuncional de pH, CE, TDS y Temperatura, con la finalidad de evaluar la calidad del agua, posible contaminación y escases de agua en la zona, dejando así un antecedente de la calidad de agua y su posterior monitoreo en el tiempo, con el fin de detectar algún cambio en los parámetros físico-químicos, o posibles disminuciones de los caudales aflorantes.

Un mapa es una representación simplificada, gráfica, métrica y en dos dimensiones de las características de una porción delimitada del espacio en tres dimensiones. Al

conjunto de mapas de una misma temática, adyacentes entre sí, de igual área y escala de representación se le llama serie cartográfica. La cartografía hidrogeológica es un producto geotemático que constituye una herramienta para la representación de las condiciones y distribución de las aguas subterráneas y su relación con las aguas superficiales (Herms, I. y Arnó, G. 2016). Según Struckmeier, Wilhem F. & Margat, J. (1995), en el ámbito de las ciencias de la tierra los mapas hidrogeológicos representan el nexo de unión entre las geociencias y la ciencia del agua y pueden representar un amplio abanico de parámetros tanto del subsuelo como del agua.

La manera más sencilla y precisa de definir un manantial es como una surgencia natural de agua subterránea. Nada dice sobre por qué el agua aflora suave y mansamente o por qué lo hace de manera abrupta; ni justifica si el agua es fría o caliente, o si es dulce o salada, o si es una surgencia efímera o permanente. El origen de la inmensa mayoría de las aguas continentales es la precipitación (lluvia o nieve). Cuando esta llega a la superficie del terreno, una fracción vuelve a la atmósfera en estado gaseoso debido a la evaporación y la transpiración. El resto, la precipitación efectiva, fluye superficialmente o se infiltra a cierta profundidad en el terreno. Donde predominan materiales impermeables en la superficie, la fracción principal de la precipitación efectiva corresponde al flujo superficial. En cambio, cuando se trata de materiales de elevada permeabilidad, la mayor parte de la precipitación se infiltra en el subsuelo (Herrera, J. 2008, p. 19-27).

La composición química del agua subterránea natural se define a partir de los análisis de muestras recogidas adecuadamente y se cuantifica por medio de la concentración de cada constituyente analizado. El agua subterránea natural, como consecuencia de su composición química y de acciones naturales externas, presenta una serie de

propiedades o características fisicoquímicas: color, turbidez, sabor, temperatura, conductividad eléctrica, dureza, entre otras. Estas propiedades varían en el espacio y en el tiempo.

Conocer la cantidad de agua que pasa por nuestras quebradas, ayuda a descubrir y estar al tanto de ciertos fenómenos que ocurren o que pueden ocurrir cuando se presenta una alta o baja cantidad de agua y, con base en este conocimiento, tomar medidas para la prevención de desastres o aminorar la vulnerabilidad ante el riesgo. (Gonzales, A.; Ramírez, J., 2014).

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo el mapeo hidrogeológico ayuda a evaluar la situación actual de los manantiales colindantes al Este de la mina la Zanja en el centro poblado Pisit, Tongod-Cajamarca, 2022?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar la situación actual de los manantiales colindantes al Este de la mina la Zanja en el centro poblado Pisit mediante un mapeo hidrogeológico.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar un mapeo hidrogeológico y delimitación del área de estudio.
- Realizar la toma de muestras de agua en los manantiales más representativos para conocer sus características químicas.
- Determinar el tipo de manantiales que se encuentran en la zona de estudio.
- Analizar los parámetros físico-químicos del agua de los manantiales.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

Mediante el mapeo hidrológico se realizó un inventariado de las fuentes hídricas, para evaluar sus parámetros físico químicos in situ con el medidor multiparámetros, asimismo, se muestreo 3 puntos para análisis en el laboratorio regional del agua – Cajamarca, determinando que no se presenta ningún tipo de anomalías en el agua.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

#### **Aplicada**

Porque busca la aplicación de los conocimientos existentes que se adquieren.

#### **Experimental**

Porque se realiza la manipulación de las variables en condiciones controladas con la finalidad de obtener los resultados esperados.

### **2.2. Población y muestra**

#### **Población**

La población está conformada por los manantiales, ríos, quebradas y lagunas existentes en la región de Cajamarca.

#### **Muestra**

La muestra para este estudio será el agua de los manantiales, ríos, quebradas y lagunas ubicados al Este de la mina La Zanja en el centro poblado Pisit.

### **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

Para el presente estudio se ha considerado los métodos cuantitativo y cualitativo que incluyen ocho técnicas, donde se detalla la justificación de las técnicas e instrumentos utilizados que veremos en la siguiente tabla:

Tabla 1.  
*Recolección y análisis de datos.*

MÉTODOS	TÉCNICA	JUSTIFICACIÓN	INSTRUMENTO
		Ampliar los	
Cualitativo	Análisis documental	conocimientos en el tema seleccionado para el desarrollo de la tesis.	Repositorios web.
Cualitativo	Observación directa	Especificar las características de cada fuente inventariada.	Lupa, picota y rayador.
Cualitativo	Registro fotográfico	Obtener un registro de cada punto observado.	Cámara de celular.
Cuantitativo	Análisis de las fuentes hidrogeológicas	Evaluar la calidad del agua y medir el caudal de cada punto.	Medidor multifuncional, jarra, balde, tubo y cronometro.
Cualitativo	Inventariado	Registrar cada punto observado.	Libreta de campo, GPS y lapicero.
Cuantitativo	Registro de datos	Ordenar los datos obtenidos de cada punto observado.	Ficha de mapeo hidrogeológico
Cuantitativo	Muestreo	Tener un mejor conocimiento de las condiciones y características del agua.	Guantes quirúrgicos, frascos de plástico, frasco de vidrio, cooler, hielo, plumón indeleble y preservante

---

Cuantitativo	Procesamiento	comparación y	ArcGis, Google Earth y
	de datos	ubicación de cada punto.	Microsoft Excel.

---

*Fuente:* Elaboración propia

## 2.4. Procedimiento

### **Análisis documental**

Mediante el análisis de documentos se realiza la revisión de los diferentes estudios que van acordes al tema de estudio, con la finalidad de poder ampliar nuestro conocimiento.

Determinar palabras clave, para realizar la búsqueda de antecedentes internacionales, nacionales, locales y definiciones para cada variable, se analizó imágenes satelitales para determinar la ubicación, delimitación y rutas de acceso al área de estudio; finalmente se descargó el mapa geológico, topográfico y cuencas hidrográficas.

### **Observación directa**

Programar las fechas de salida a campo, realizar la observación de la zona de estudio y especificar las características del agua en cada punto, aspecto (turbio e incoloro o transparente), olor (inodoro y tierra) y sabor (Insípido). También, se describirá el tipo de vegetación presente en cada punto y alrededor del mismo, si son captadas y utilizadas para consumo humano (captadas en pozos de concreto) y/o agrícola (captados en pozos manuales o mangueras).

### **Registro fotográfico**

Para evidenciar el recorrido y a su vez tener un registro visual en imágenes, se realizará la toma de fotografías con la cámara de un celular en cada punto observado.

### **Análisis de las fuentes hidrogeológicas**

Durante las salidas de campo se realiza un análisis de parámetros fisicoquímicos, con el medidor multifuncional, el cual debe de estar calibrado para evitar errores en la toma de datos, con ayuda de una jarra se recoge agua de cada punto registrado (enjuagar la jarra 3 veces con el agua a analizar antes de tomar la muestra) para luego colocar dentro de esta el medidor multifuncional y obtener los datos de la temperatura, sólidos totales disueltos (TDS), conductividad eléctrica (CE) y pH. Asimismo, se analizará si son fuentes de agua permanentes o estacionales. Se pueden identificar dos tipos básicos de manantiales: los perennes y los intermitentes. Los perennes se producen cuando el agua del manantial viene de una profundidad por debajo del nivel freático, es decir, de la zona saturada; el flujo de agua se produce entonces de manera continua. Los manantiales intermitentes se producen cuando el agua proviene de un nivel cercano al freático, por lo que solamente emanará durante la estación de lluvias, cuando la capa freática esté en su nivel más alto. Por lo tanto, la existencia de manantiales y su caudal dependerán de la geología del terreno, de la estacionalidad y volumen de las precipitaciones y de la frecuencia de infiltración (recarga del acuífero) de las lluvias y aguas superficiales en la corteza terrestre (Roberti L. 2020).

Finalmente, se calculará el caudal, con el método volumétrico para caudales pequeños y el método de área-velocidad o flotadores para el caso de ríos y quebradas.

**Método volumétrico:** Permite medir caudales menores. Para ello es necesario contar con un depósito graduado (balde) de volumen conocido en el cual se colecta agua, anotando el tiempo que demora en llenarse. Esta operación se realiza como mínimo en 3 repeticiones y se promedia los valores, con el fin obtener un valor representativo. (Gonzales, A.; Ramírez, J., 2014).

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q = Es el caudal expresado en L/s o m<sup>3</sup>/s

V = volumen expresado en litros o m<sup>3</sup>

T = Tiempo en segundos



Figura 1. Materiales utilizados para medición del caudal con el método volumétrico.

Fuente: Gonzales, A.; Ramírez, J., 2014.

**Método área-velocidad o flotadores:** En este método, se mide la velocidad del agua en una sección de la quebrada o río.

Los materiales a usar son: Un objeto flotante, cronometro, cinta métrica y regla o tabla de madera graduada. (Gonzales, A.; Ramírez, J., 2014).



Figura 2. Materiales utilizados para medir el caudal con el método área-velocidad.

Fuente. Gonzales, A.; Ramírez, J., 2014

Se selecciona en el río o quebrada, un tramo uniforme, sin piedras grandes ni troncos de árboles, en el que el agua fluya libremente, sin turbulencias, que sea recto. Se elige en el centro del cauce un sitio inicial A y uno final B, a lo largo de la corriente (río o quebrada) el cual se llamará distancia, longitud o largo. Para su medición en campo, una persona se ubica en el punto A con el flotador y la otra en el punto B con el reloj o cronómetro. Se medirá el tiempo de recorrido del flotador del punto A al punto B. Se recomienda realizar un mínimo de diez mediciones y calcular el promedio. La velocidad de la corriente de agua del río o quebrada se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$V = \frac{D}{T}$$

Donde:

V = Velocidad expresada en m/s.

D = Distancia medida en m.

T = Tiempo expresado en segundos.

Finalmente, para el cálculo del caudal se usa la siguiente formula:

$$Q = A * V$$

Donde:

Q = Caudal medido en m<sup>3</sup>/s o L/s

A = Área expresado en m<sup>3</sup>

V = Velocidad expresado en m/s

### Inventariado

En cada punto observado se realiza la toma de las coordenadas geográficas WGS 84 zona 17S, para obtener un registro e inventariado de cada fuente, ya sea laguna, pantano, manantial, quebrada o río, para su posterior control y monitoreo de calidad y cantidad del agua.

### Registro de datos

Los diferentes datos obtenidos en cada punto del recorrido de las salidas de campo serán registrados y ordenados en fichas de mapeo hidrogeológico.

Tabla 2

*Ficha de mapeo hidrogeológico*

FICHA DE MAPEO HIDROGEOLÓGICO								
Tesistas		Antonhy Sanchez Mendoza			Universidad Privada del norte			
		Orestedes W. Sanchez Torres						
Nombre de la fuente inventariada				---		Descripción		
Norte(m)		---						
Este(m)		---						
Cota (msnm)		---						
Zona/Sistema		---			---			
Distrito		---						
Provincia		---						
Departamento		---						
Régimen de flujo		---			Imagen		Comparación	
Tipo de flujo		---						
Características del Agua								
Aspecto		---			---			
Olor		---						
Sabor		---						
FLUJO Y CALIDAD DEL AGUA								
Ficha	Fecha	Hora	Caudal (L/s)	Método de medición del caudal	pH	CE (μS/cm)	TEM (°C)	TDS (ppt)
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fuente. Elaboración propia.

## Muestreo

Para tener un mejor conocimiento de las condiciones y características del agua de la zanja de estudio se realizó un muestreo de dos manantiales que son captados para consumo humano y una del río principal, del cual se usa el agua para criar truchas.

En una correcta toma de muestras para su análisis en laboratorio se requiere seguir con un adecuado protocolo de seguridad para salvaguardar las muestras ante cualquier contaminación por factores externos, se utilizaron los siguientes materiales: Guantes quirúrgicos, frascos de plástico, frasco de vidrio, preservante, plumón indeleble, hielo y un cooler.

La ubicación de los puntos a ser muestreados es la siguiente:

Tabla 3  
*Coordenadas*

FICHA	NORTE	ESTE	COTA	NOMBRE DE LA FUENTE
108	9244608.81	733810.27	3568.35	Manantial
104	9245843.09	735159.08	3398.20	Manantial
99	9245815.01	735979.67	3247.47	Río

*Fuente.* Elaboración propia

Por consiguiente, se empieza a tomar las muestras, colocándose los guantes de quirúrgicos para evitar la contaminación de las muestras, luego se prosigue a la contaminación de los frascos y tapas con el agua hacer muestreada (repetir 3 veces la contaminación de frasco y tapa), para las muestras de aniones, cationes y metales totales se usa los frascos de plástico y para la muestra de coliformes fecales el frasco de vidrio, teniendo en cuenta que al frasco de metales totales se le añade 30 gotas de preservante (ácido nítrico), antes de ser guardadas las muestras en el cooler, cada una de ellas es correctamente etiquetada; posteriormente, son transportadas al laboratorio para su respectivo análisis, en donde se prosigue a realizar el llenado de la cadena custodia

y finalmente se procede a esperar un lapso de 7 días hábiles, para el recojo de resultados.

Tabla 4

*Etiquetas de muestreo.*

---

**CÓDIGO DEL CLIENTE**

---

**ID MUESTRA**

**LOCALIZACIÓN**

**FECHA Y HORA**

**MUESTREADOR**

---

Fuente. Laboratorio regional del agua

### **Procesamiento de datos**

Todos los datos obtenidos en campo serán registrados en una hoja de Microsoft Excel, luego pasados al Google Earth para su análisis y ubicación; también, se usará ArcGis para realizar una comparación de los datos de la primera y segunda salida de campo. Finalmente se utilizará los diagramas hidro geoquímicos con el software Diagrammes y Easy-Quim. La compilación y presentación de los datos de composición y características químicas referentes del estudio del agua subterránea suelen realizarse mediante gráficos, los cuales permiten obtener una visualización de la forma más simple y lo más completa posible de los datos y procesos del agua subterránea, haciendo más cómoda a su interpretación. (Bustamante E. 2017) Entre estos hemos utilizado: Stiff, Piper, Schoeller y Salinidad.

**Diagrama de Piper:** Es una de las gráficas más utilizadas, En él se incluyen aniones y cationes en forma simultánea. Este gráfico permite representar muchos análisis sin dar origen a confusiones. Las aguas geoquímicamente similares quedan agrupadas en áreas bien definidas (Custodio 1965).

Conformado por dos triángulos equiláteros y un rombo, representa la composición aniónica y catiónica respectivamente, proyectando esta información hacia el rombo, donde se evalúa el punto de intersección de ambos triángulos, la familia a que corresponde la muestra de agua, según la zona en la que recaiga el punto dentro del rombo. los cuales a su vez son transformados a porcentaje en el diagrama. Donde cada uno de los vértices en los triángulos corresponde un 100% de un anión o catión.

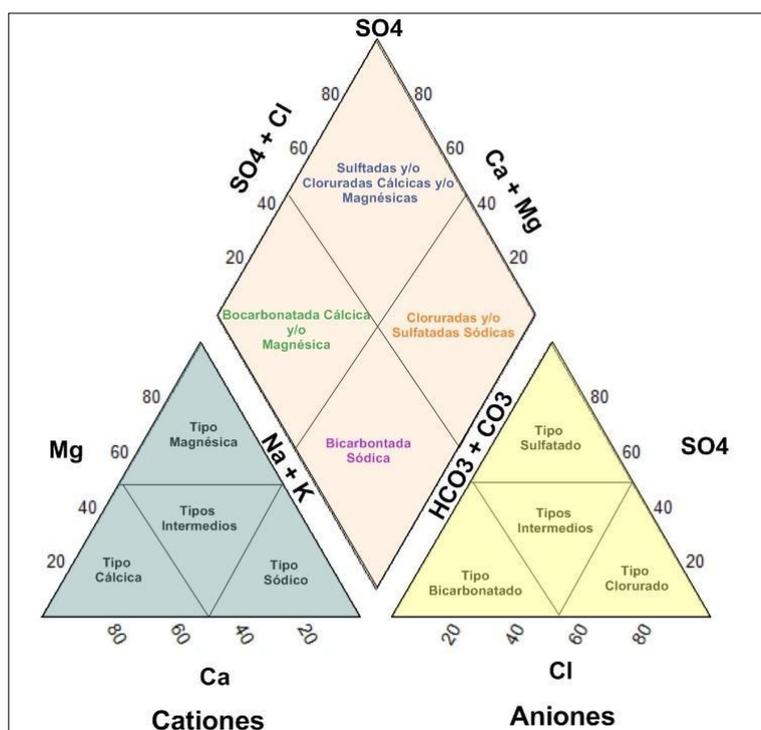


Figura 3: Esquema del Diagrama de Piper.

Fuente: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

**Diagrama de Scholler Bekford:** Este diagrama esta dado por varias semirrectas o columnas verticales paralelas, igualmente espaciadas y divididas en escala logarítmica y con el mismo módulo. A cada semirrecta se le asocia un anión o un catión, excepto

la primera columna que no tiene asociada ningún ion y su unidad de medida es en meq/l, las demás tienen como unidad de medida mg/l. Aprovechados para estudiar evoluciones temporales de aguas en un mismo punto. (Giahatari, s.f.).

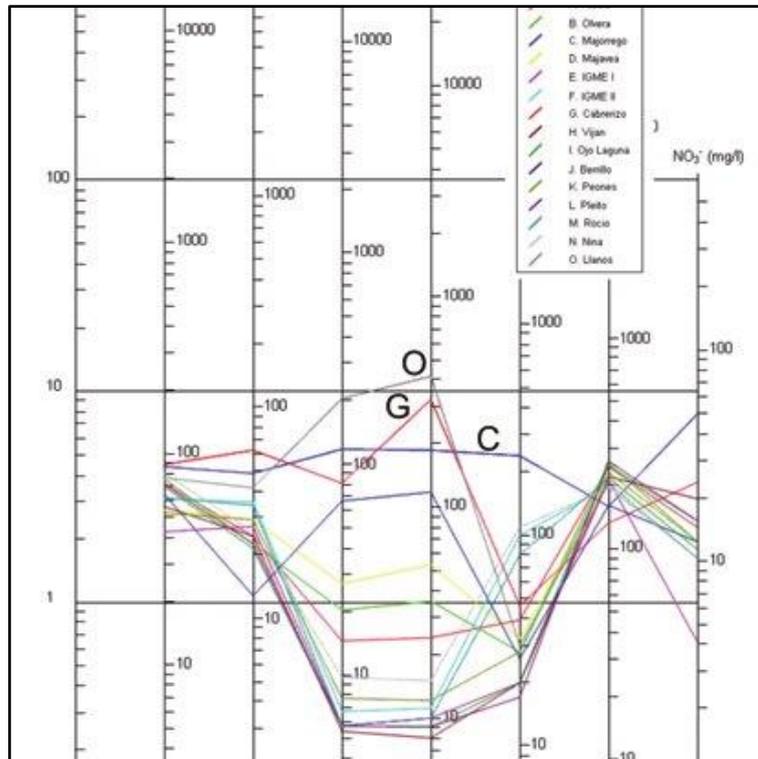


Figura 4: Modelo de grafica Scholler.

Fuente: ResearchGate.

**Diagrama de Stiff:** Se representa mediante un polígono, la composición química del agua mediante la concentración en meq/L de sus cationes y aniones mayoritarios. Este tipo de grafico es apropiado para situarlo sobre un mapa, en donde es posible visualizar la disposición espacial de las familias hidro geoquímicas. (Sánchez,2011).

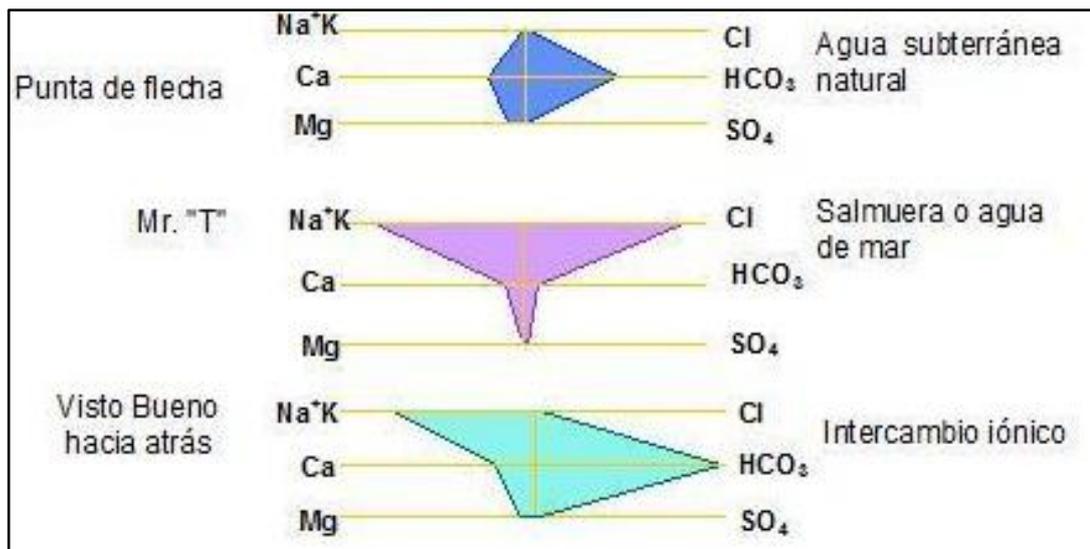


Figura 5. Esquema del Diagrama de Stiff.

Fuente. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

**Diagrama de salinidad:** El personal del laboratorio de salinidad de los EE. UU. (1954) sugirió un diagrama muy conocido para clasificar el agua de riego, que se denominó diagrama USSL. El diagrama USSL explica mejor el efecto combinado del peligro de sodio y el peligro de salinidad. es un gráfico de dispersión simple del peligro de sodio (SAR) en el eje Y versus el peligro de salinidad (EC) en el eje X. La Conductividad eléctrica se traza de forma predeterminada en una escala logarítmica. El agua se puede agrupar en 16 clases. Las aguas se dividen en cuatro clases con respecto a la conductividad, siendo los puntos de división entre clases de 250, 750 y 2250 micromhos por centímetro. Los límites de estas clases se seleccionaron de acuerdo con la relación entre la conductividad eléctrica de las aguas de riego y la conductividad eléctrica de los extractos de saturación del suelo. (R. Mirabbasi, S Mazlounzadeh y M Rahnama 2008).

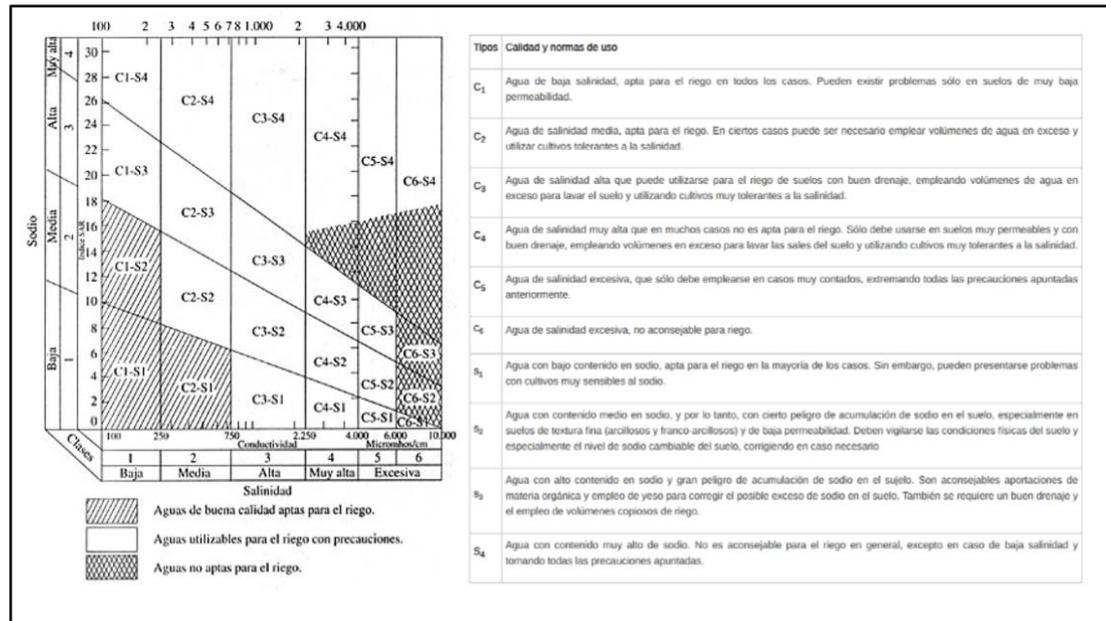


Figura 6. Diagrama de salinidad para clasificación de aguas de riego.

Fuente: Science Alert.

## Procesamiento De Datos En El Software Diagrammes

La interfaz del programa es la siguiente.

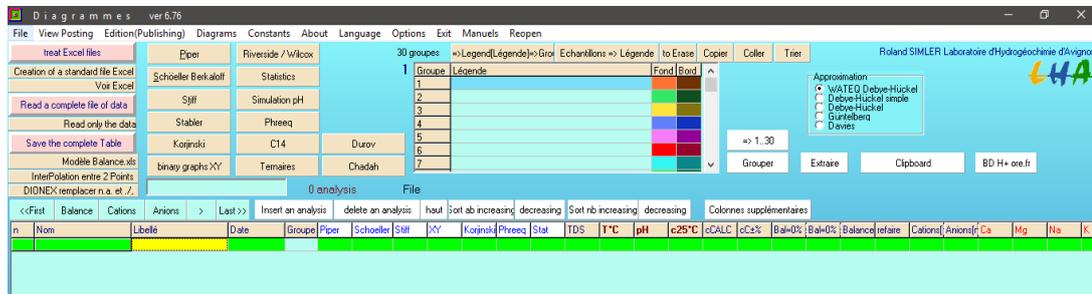


Figura 7. Interfaz del programa Diagrammes.

Lo primero que se debe tener es los datos de laboratorio en Excel, tal como se indica en la plantilla que viene con el programa. La cual se descarga dado clic en el botón “creation of a standard file Excel”

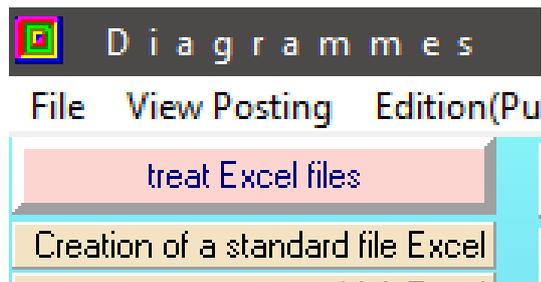
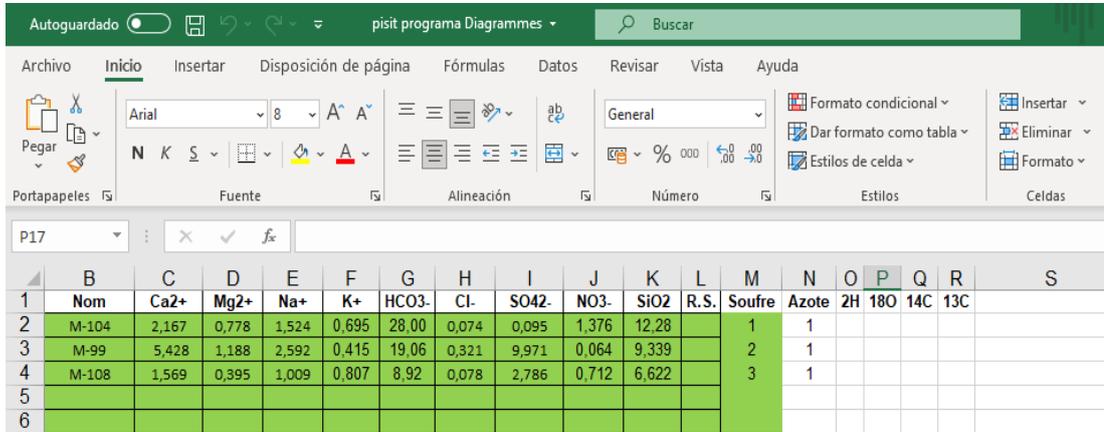


Figura 8. Descarga de plantilla.

En segundo lugar. Para importar los datos del archivo creado, del menú principal se selecciona “Treat Exel files



	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Nom	Ca2+	Mg2+	Na+	K+	HCO3-	Cl-	SO42-	NO3-	SiO2	R.S.	Soufre	Azote	2H	180	14C	13C	
2	M-104	2,167	0,778	1,524	0,695	28,00	0,074	0,095	1,376	12,28		1	1					
3	M-99	5,428	1,188	2,592	0,415	19,06	0,321	9,971	0,064	9,339		2	1					
4	M-108	1,569	0,395	1,009	0,807	8,92	0,078	2,786	0,712	6,622		3	1					
5																		
6																		

Figura 9. Importación de datos.

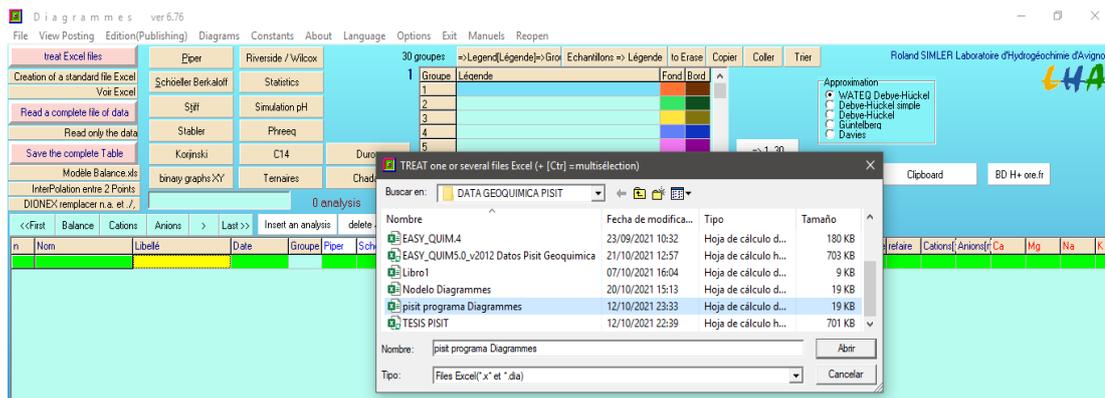
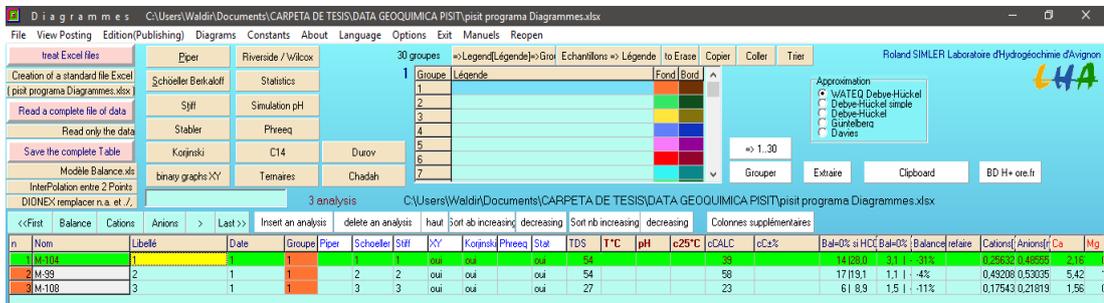


Figura 10. Importación de datos.

Finalmente, una vez ingresados los datos del laboratorio, el archivo se carga al software para luego ser analizado.



The image shows the Diagrammes software interface displaying the analysis results. The spreadsheet shows columns for various parameters and rows for different samples.

n	Nom	Libellé	Date	Groupe	Piper	Schoeller	Stiff	XY	Kojinski	Phreeq	Stat	TDS	T°C	pH	e25°C	cCALC	cC%	Bal=O3 si HCl	Bal=O3	Balance reaire	Cations	Anions	Ca	Mg
1	M-104	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	54				35		14,15	0	3,11	31%	0,25602	0,00000	2,16
2	M-99	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	54				58		17,19	1	1,1	4%	0,49208	0,53005	5,42
3	M-108	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	27				23		6,1	8,9	1,5	11%	0,17543	0,21619	1,56

Figura 11. Análisis de datos.

## Procesamiento de Datos Easy-Quim

Diseñado por el Grupo de Hidrología Subterránea - Departamento de Ingeniería del Terreno de la UPC. Cálculo de los balances químicos en análisis de agua y su representación gráfica (Piper, Siff, Schöeller y Diagramas de salinidad).

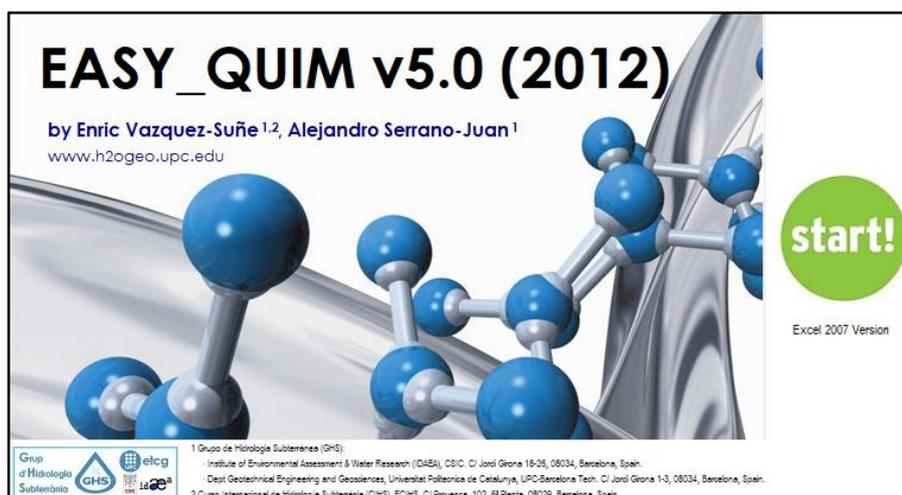
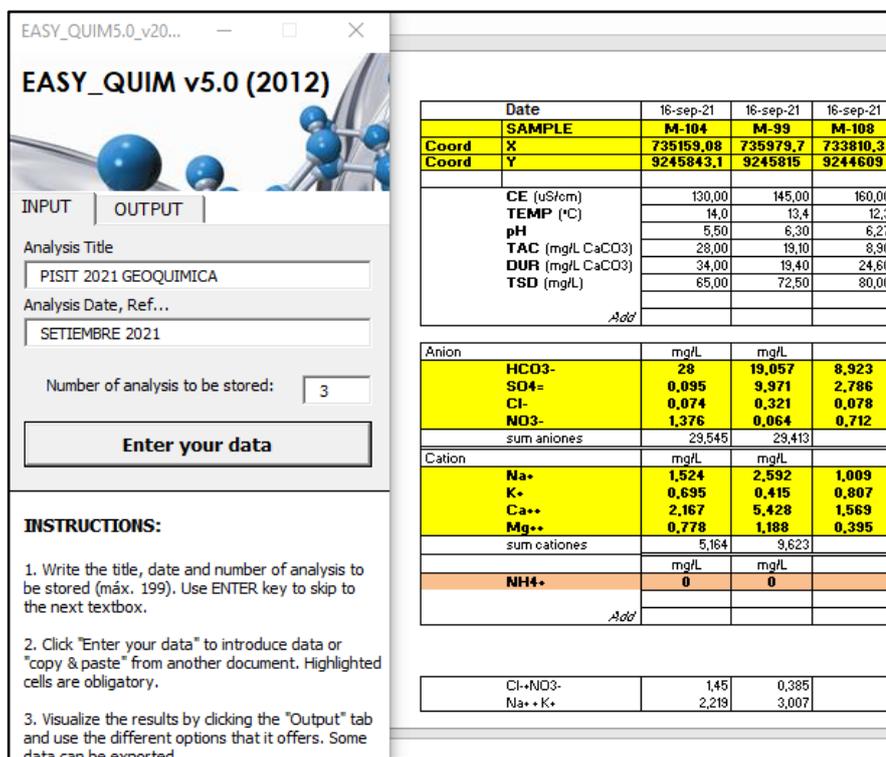


Figura 12. Interfaz del programa EASY\_QUIM.

En el programa Easy Quim se completa los datos obtenidos del laboratorio



Date	16-sep-21	16-sep-21	16-sep-21
<b>SAMPLE</b>	<b>M-104</b>	<b>M-99</b>	<b>M-108</b>
<b>Coord X</b>	<b>735159,08</b>	<b>735979,7</b>	<b>733810,3</b>
<b>Coord Y</b>	<b>9245843,1</b>	<b>9245815</b>	<b>9244609</b>
<b>CE (uS/cm)</b>	130,00	145,00	160,00
<b>TEMP (°C)</b>	14,0	13,4	12,3
<b>pH</b>	5,50	6,30	6,27
<b>TAC (mg/L CaCO3)</b>	28,00	19,10	8,90
<b>DUR (mg/L CaCO3)</b>	34,00	19,40	24,60
<b>TSD (mg/L)</b>	65,00	72,50	80,00
<i>Adó</i>			
<b>Anion</b>	mg/L	mg/L	
<b>HCO3-</b>	28	19,057	8,923
<b>SO4=</b>	0,095	9,971	2,786
<b>Cl-</b>	0,074	0,321	0,078
<b>NO3-</b>	1,376	0,064	0,712
sum aniones	29,545	23,413	
<b>Cation</b>	mg/L	mg/L	
<b>Na+</b>	1,524	2,592	1,009
<b>K+</b>	0,695	0,415	0,807
<b>Ca++</b>	2,167	5,428	1,569
<b>Mg++</b>	0,778	1,188	0,395
sum cationes	5,164	9,623	
	mg/L	mg/L	
<b>NH4+</b>	0	0	
<i>Adó</i>			
<b>Cl-+NO3-</b>	1,45	0,385	
<b>Na+ + K+</b>	2,219	3,007	

Figura 13. Procesamiento de datos.

## 2.5. Aspectos generales

### Ubicación

La zona de estudio está ubicada en el centro poblado Pisit, distrito de Tongod, provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca, aproximadamente a 107 kilómetros al noreste de la ciudad de Cajamarca a una altura de 3500 m.s.n.m.

### Accesibilidad

Para llegar a la zona de estudio se puede acceder desde Cajamarca por dos rutas, la primera es por la vía asfaltada desde Cajamarca - El Empalme, luego de El Empalme – Pisit (zona de estudio) por una trocha; el viaje en un vehículo es de aproximadamente 2 horas 50 minutos; la segunda ruta que es la más extensa es de Cajamarca - San Miguel, y de San Miguel – Pisit con un viaje de 4 horas.

Tabla 5  
*Accesos a la zona de estudio.*

Vía	Tramo	Tiempo	Distancia	Tipo
1	Cajamarca – El Empalme – Pisit	2 h 50 min	102 km	Asfaltada – trocha
2	Cajamarca – San Miguel - Pisit	4 h	130 km	Asfaltada – trocha

*Fuente. Propia.*

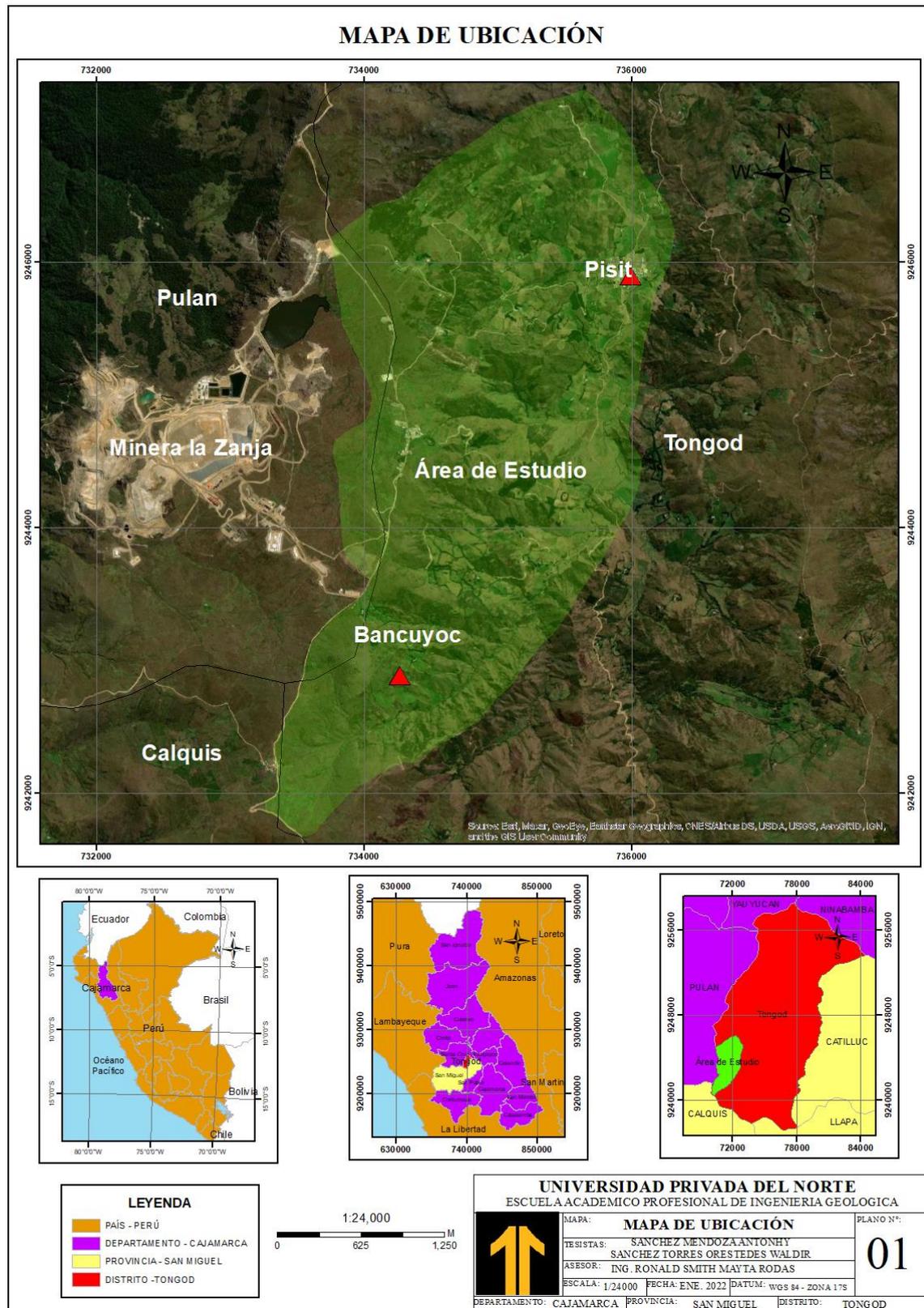


Figura 14. Mapa de ubicación de la zona de estudio.  
Fuente. Propia.

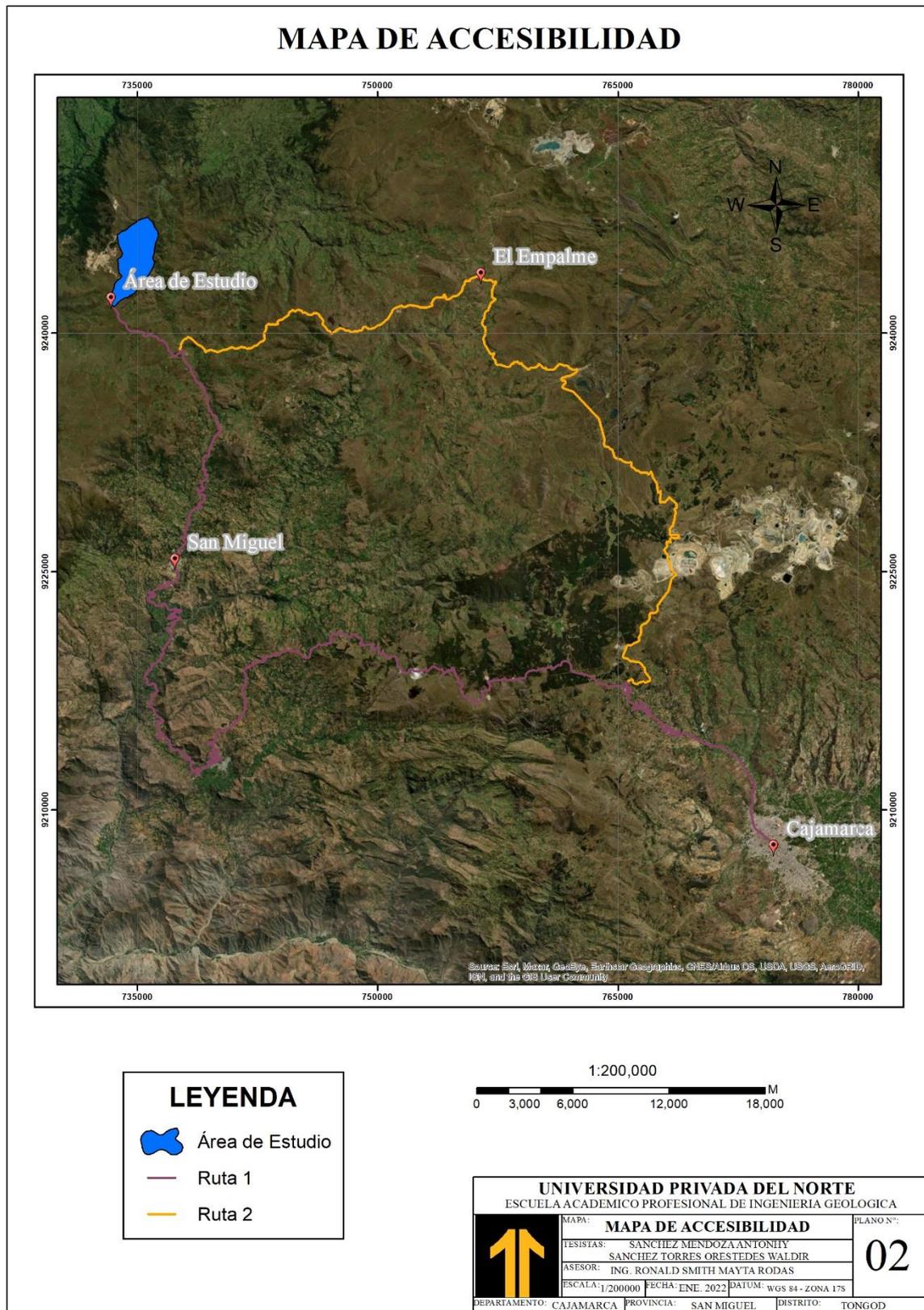


Figura 15. Mapa de accesibilidad a la zona de estudio.

Fuente. Propia.

## Geología

El estudio hidrogeológico de rocas volcánicas constituye un caso muy específico ya que no forman parte de los típicos acuíferos porosos o fisurados sedimentarios. Las rocas volcánicas antiguas procedentes de un arco volcánico o de volcanes extintos, tienen naturaleza distinta, lavas, piroclastos, tobas y otros elementos forman los depósitos volcánicos condicionados por factores diversos como la edad, la distancia al centro de emisión, la tectónica posterior, la erosión e intemperización, etc. Por consiguiente; la localización de acuíferos, manantiales requiere de la reconstrucción de la historia geológica, para conocer su morfología y su relación con materiales de contacto. Este es el caso de los manantiales colindantes con dirección al Este de minera la zanja en el sector de Pisit, Tongod – Cajamarca, 2021.

**Geología local:** Las Formaciones Geológicas de nuestra área de estudio al Este de Minera la Zanja, tienen como historia, un sistema volcánico muy grande con intensa alteración. La historia volcánica de Pisit es compleja y de varios eventos envolviendo rocas de varias composiciones desde Andesita a Dacita, otro factor muy importante es la depresión, interpretada como una pequeña caldera, llamada caldera San Pedro. Pisit-Tongod se encuentra alojados por un conjunto de rocas volcánicas cenozoicas que se superponen a una sucesión de rocas clásticas y carbonatadas del Cretácico pertenecientes al centro volcánico Anchipan. (Turner,1999). Debido a que está, íntimamente ligada al desarrollo del sistema volcánico-magmático cenozoico.

El complejo volcánico se compone de 3 centros que se interpretan como equivalentes a la Formación Porculla. Estos centros comprenden la caldera La Zanja al NO, y los estratovolcanes Hueco Grande y San Miguel Anchipan-Mutis al este y sur respectivamente (Cabos, 2007). según la historia geológica, consistentes en depósitos de flujos piroclásticos de cenizas, gris blanquecinos, con cristales de plagioclasas y

cuarzo, fragmentos líticos andesíticos, depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas, de tonalidades gris amarillentos y violáceos, fragmentos líticos lávicos y depósitos de flujos de bloques y cenizas gris claro a verdosos porfiríticos, cristales de plagioclasa, anfíbol y cuarzo. (P Navarro, R Monge, A Flores. 1978) por lo visto en campo, estos fragmentos líticos y cristales varían su forma de tamaño debido a su alteración, se superponen con niveles piroclásticos, de lava y volcánicos pertenecientes a la Formación Llama. La Formaciones Llama y Porculla son del Eoceno al Mioceno y juntas constituyen el Grupo del Bajo Calipuy. ver mapa geológico.

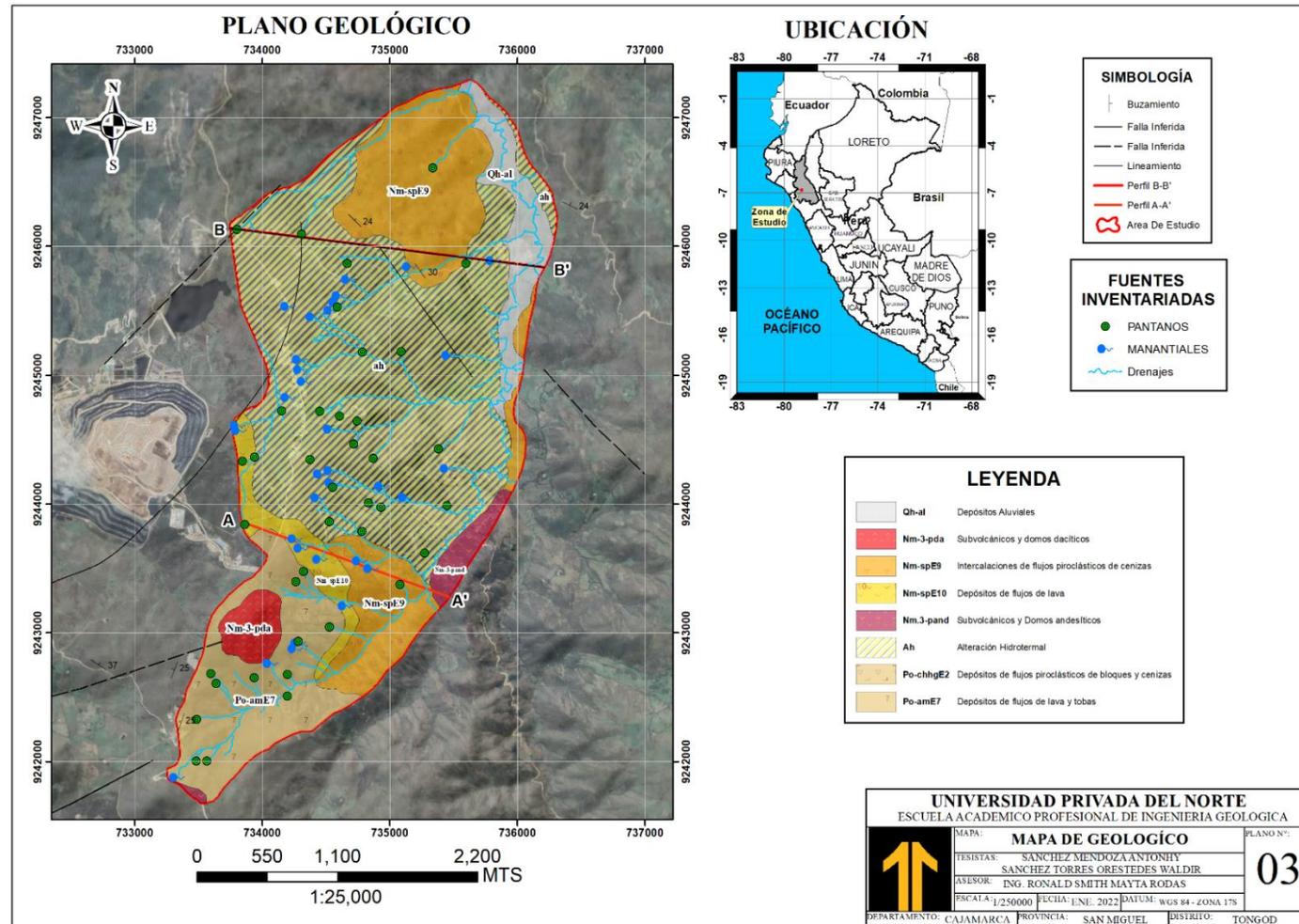


Figura 16. Mapa geológico de la zona de estudio.

Fuente. Propia.

### Grupo Calipuy

**Formación Llama:** Esta formación encontrada al Este de la mina la zanja, aflora ampliamente en la zona del proyecto, está compuesta por rocas volcánicas de composición andesítica con presencia algunas brechas andesíticas con clastos sub redondeados silicificados, también, se localizó roca volcánica toba con cristales vítreos.



Figura 17. Formación llama, roca volcánica de composición andesita.

Fuente. Propia.



Figura 18. Roca volcánica Andesita con fragmentos y cristales sub redondeado, plagioclasas y con alteración sílice.

Fuente. Propia.

**Formación Porculla:** En el área de estudio se identificó rocas volcánicas con presencia de alteraciones como argílica avanzada, con contenido de óxidos como hematita y limonita. Tobas con pequeños clastos.



*Figura 19.* Formación porculla. Vista panorámica de roca volcánica con alteraciones, presencia de arcillas y algunos óxidos como limonita, jarosita.

*Fuente.* Propia.

### **Deposito cuaternario**

**Deposito Aluvial:** Dentro de los depósitos aluviales se han considerado los materiales con poco transporte, constituidos por conglomerados, roca volcánica, arenas y limos.

### **Geomorfología**

Geomorfológicamente la zona de estudio Ubicado en la cuenca del Chancay-Lambayeque y en la sub cuenca de Pisit o Cañad, presenta un relieve variado y accidentado, que incluye pequeños valles alto andinos, con superficie de erosión a diferentes niveles, presenta una geomorfología variada, de relieve abrupto e irregular en la parte superior, mientras que, en la parte media e inferior, predominando un relieve de planicies, lomadas con pendientes suaves, se caracteriza por presentar escarpes con mediana pendiente a causa del recorrido de las aguas de lluvia, en la parte inferior se puede notar la presencia de valles juveniles.



Figura 20. Vista panorámica del cambio geomorfológico definido por rocas volcánicas. vista al NE.

Fuente. Propia.

**Planicies:** Son superficies con pequeñas ondulaciones y suave pendiente que varía entre los  $0^{\circ}$  a  $8^{\circ}$ .



Figura 21. Planicie con presencia de manantiales.

Fuente. Propia.

**Lomadas:** Las lomadas presentan un relieve con pendientes suaves que está entre los  $8^{\circ}$  a  $20^{\circ}$  y deben estar por debajo de los 200 metros, en el área de investigación las encontramos en los alrededores de las quebradas.



*Figura 22:* Lomadas encontradas, cubiertas de vegetación, rocas volcánicas y quebradas afluente al río Pisit.

Fuente: Propia.

***Laderas:*** Constituidas por las inclinaciones de los cerros cuya pendiente oscilan entre 20° y 35° de pendiente °. Presentando variaciones en su conformación morfológica, debido a los agentes erosivos.



*Figura 23.* Ladera encontrada por la carretera con presencia de roca volcánica alterada.

Fuente. Propia.

### **Clima y vegetación**

El clima del caserío Pisit está influenciado directamente por la altitud de la Cordillera Occidental, se presenta entre 3000 y 3800 m.s.n.m., se caracteriza por no presentar una estación seca bien definida y sin cambio térmico invernal bien definido. Este tipo climático presenta una precipitación que puede variar desde los 1000 hasta los 1800 mm, con promedio anual de 1400 mm, precipitando alrededor del 80% del total anual durante los meses de octubre a abril y el resto (20%) llueve de mayo a septiembre, La temperatura varía entre 7°C y 13°C, con una temperatura promedio anual de 10°C; asimismo se registran máximas absolutas de 21.5°C y mínimas absolutas de 0°C, lo cual nos indica que existe una fuerte variación térmica durante el día, con valores altos al medio día y descensos extremos durante la noche. En cuanto a la vegetación existente en el lugar, consta de plantaciones, pobladas de bosques de árboles madereros como eucaliptos, pinos, ciprés, Quinuas, arbustos, hierbas. Además, de plantas silvestres podemos mencionar la presencia de ichus, musgos, totoras, etc.



*Figura 24.* flora del centro poblado de Pisit.

*Fuente.* Propia.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Mapa hidrogeológico

Como se muestra en el mapa, la zona de estudio se encuentra ubicada en la región hidrográfica del pacífico, en la cuenca Chancay-Lambayeque y sub cuenca Cañad, en donde se inventario 33 manantiales, 40 pantanos, 1 laguna, 1 catarata y 44 puntos en quebradas y ríos, el área se encuentra en una zona de roca volcánica, y en su mayoría con una alteración hidrotermal. El drenaje tiene una dirección al NE, donde las aguas son afluente del río Pisit, el cual se intercepta con el rio Pulan formando así el río Cañad, desembocando al océano pacífico.

Además, para inferir el origen, fuentes de recarga, formación y trayectoria de las aguas subterráneas que dan origen a los manantiales de la zona de estudio se realiza dos cortes geológicos, A-A' y B-B'.

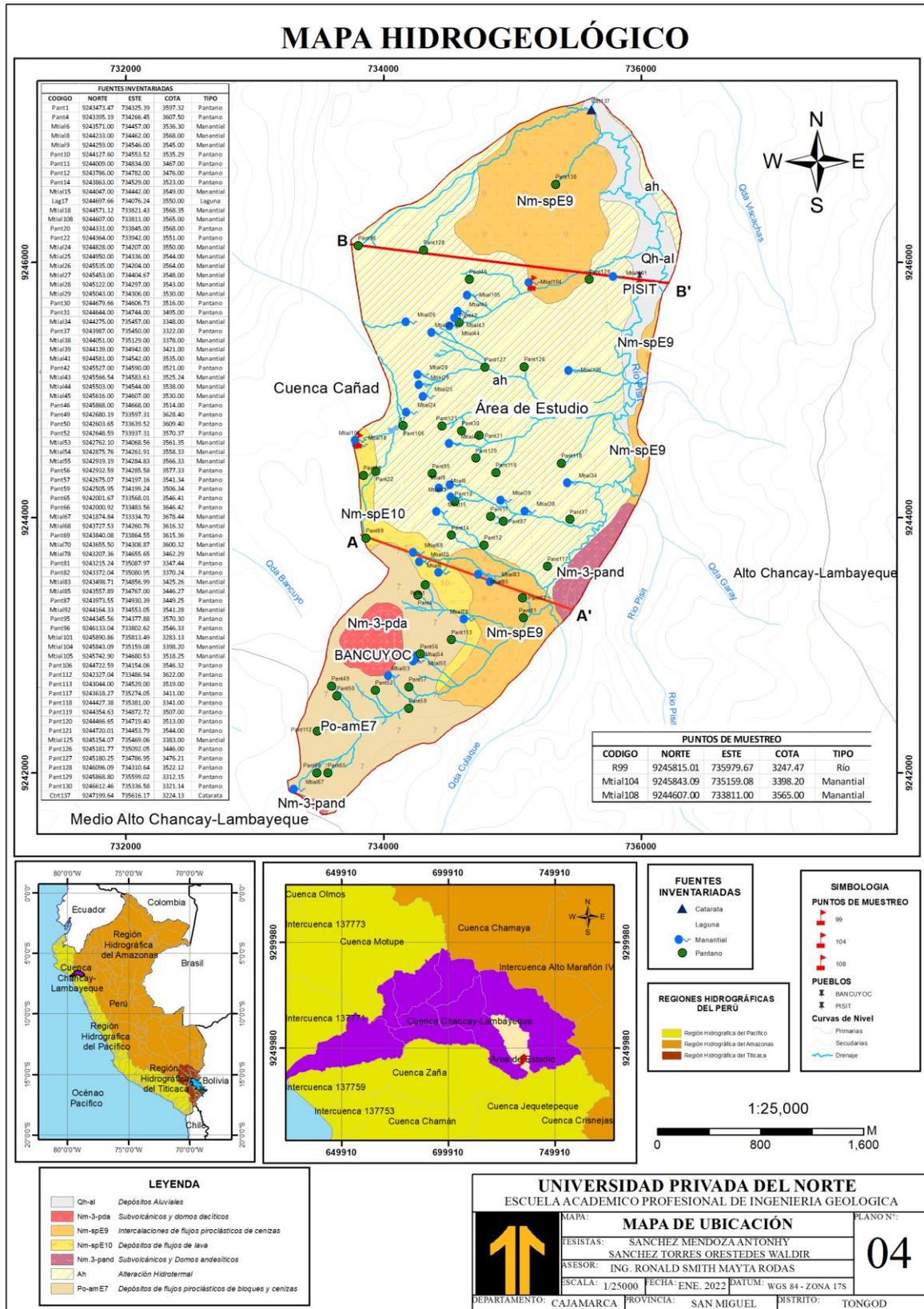


Figura 25. Mapa hidrogeológico.

Fuente. Propia.

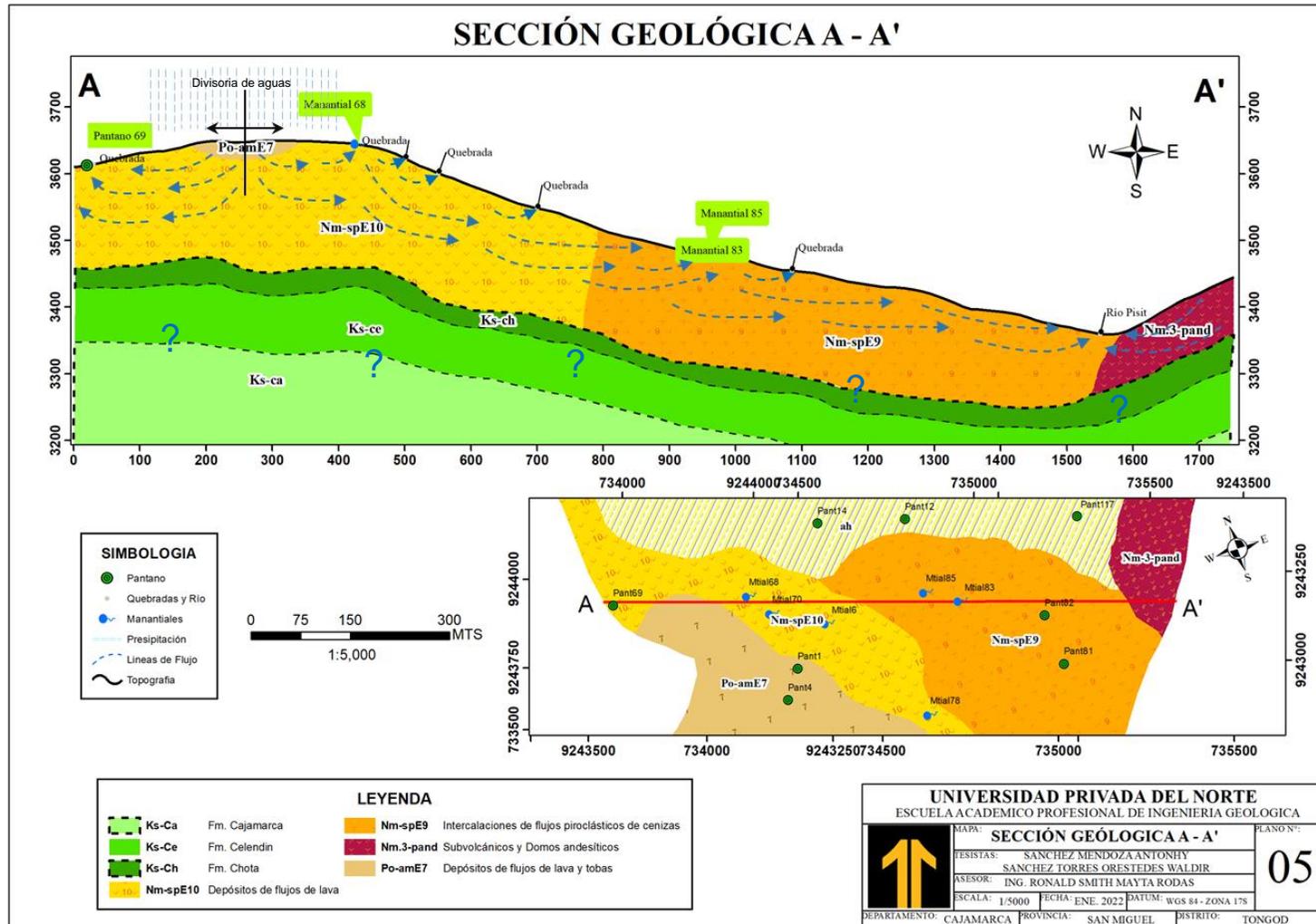


Figura 26. Sección geológica A-A'. Fuente. Propia.

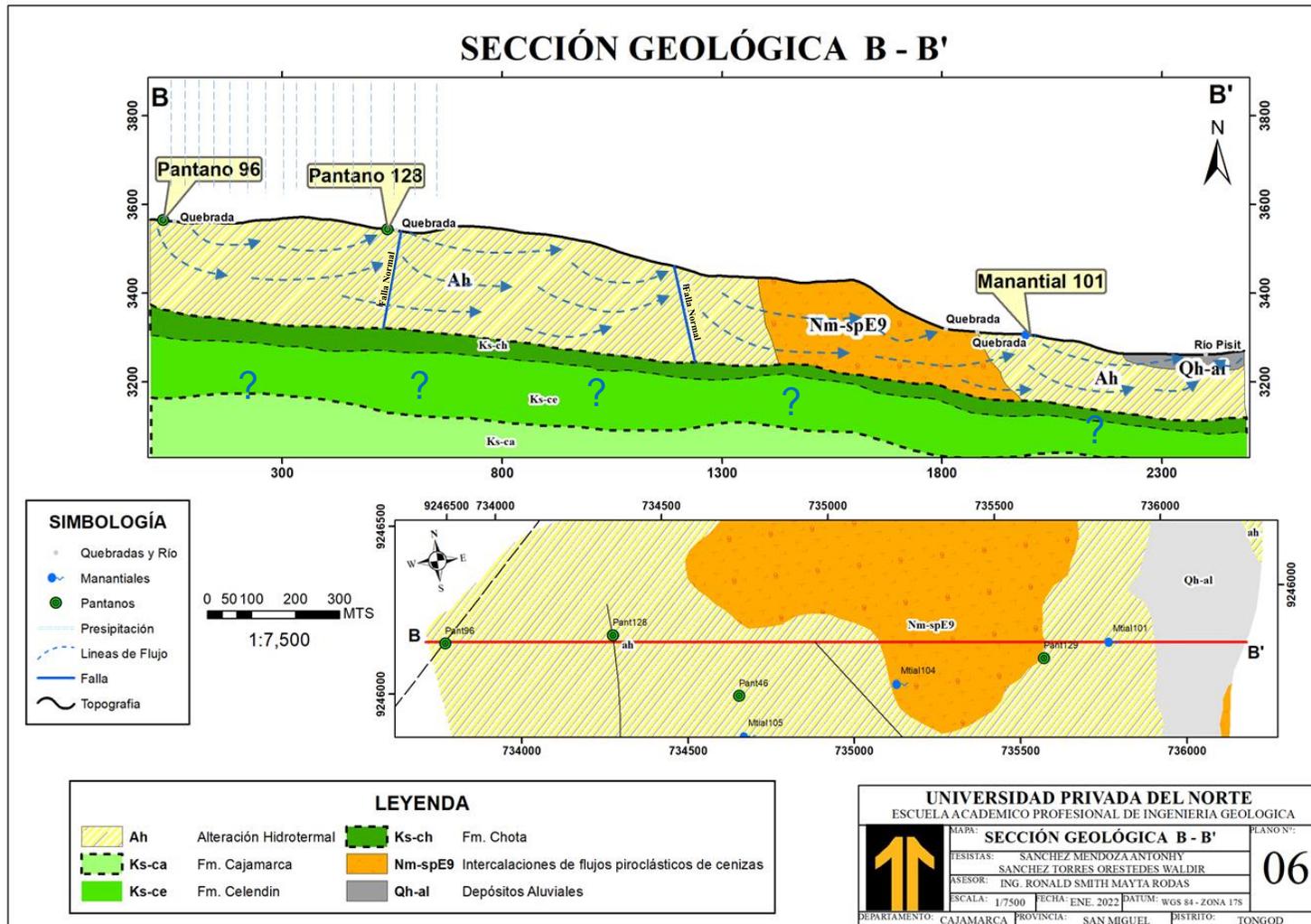


Figura 27. Sección geológica B-B'. Fuente. Propia.

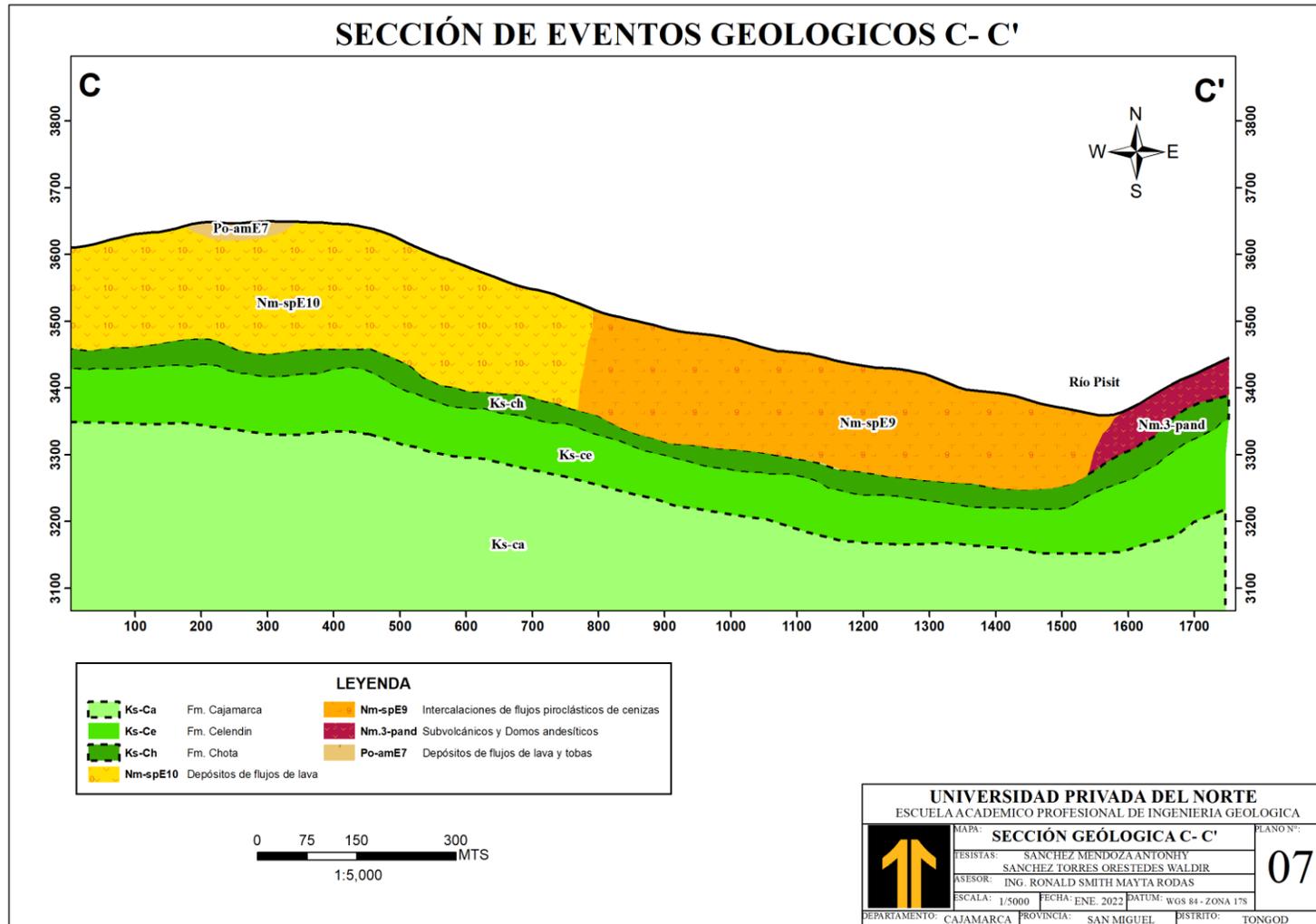


Figura 28. Sección de eventos geológicos C-C'. Fuente. Propia.

En la parte superior de la sección geológica A-A', se aprecia que debido a la infiltración de las aguas meteóricas que se acumulan en las tobas de fragmentos líticos del volcánico san pedro, donde las líneas de flujo infieren una velocidad moderada, esto debido a la baja permeabilidad y porosidad, dando origen hacia el Oeste un pantano y al Este un manantial. Continuando el recorrido por el sub suelo, del agua subterránea con dirección al Este, infiltrándose en los depósitos de flujos de lavas, acumulándose y buscando una salida a través de las fracturas a la superficie para formar manantiales que luego discurren al río Pisit.

En la figura 27, sección B-B', se observa que el agua precipitada se almacena en la parte superior formando una zona pantanosa, cuya roca debajo ha sufrido una alteración hidrotermal (silicificación y argílica), produciéndose así una alimentación de agua subterránea hacia un pantano topográficamente más bajo, las dos fallas normales que se muestra en la sección, donde una pasa por la quebrada, son vías que el agua subterránea utiliza para circular de una zona a otra o para salir a la superficie alimentando a manantiales, pantanos y quebradas.

En la sección de eventos geológicos C-C', se evidencia la historia litológica del cuadrángulo 14f; albergados por un conjunto de rocas volcánicas del cenozoico que se superponen a una sucesión de rocas clásticas y carbonatadas del cretácico. Esta base cretácica superior conformada por las formaciones, Cajamarca con un espesor de 200 a 400 metros compuesta de roca caliza grisácea, infrayeciendo a la formación Celendín que está compuesta por calizas nodulares arcillosas color marrón intercaladas con lutitas con un espesor de 150 metros; finalizando el cretácico superior, acercándonos al sistema paleógeno se encuentra la formación Chota con un espesor de 100 metros compuestos por conglomerados intercalados con tobas grises verdosas. En la parte superior del perfil se observa rocas volcánicas del paleógeno, neógeno de las

formaciones llama, Porculla y Huambos, que conforman el complejo volcánico san pedro con varios eventos geológicos, llegando finalmente a los depósitos cuaternarios donde se encuentra la acumulación de cantos, arenas, gravas redondeadas en los márgenes de los ríos.

### **3.2. Análisis fisicoquímicos-microbiológicos del agua**

Se realiza un análisis de datos del agua mediante los softwares Easy Quim y Diagrames, para lo cual se tomó 2 muestras de manantiales y una del río principal, para ser analizadas en el laboratorio y determinar la concentración de metales disueltos, la presencia de coliformes termotolerantes, aniones y cationes. Los resultados de laboratorio son los siguientes.

Tabla 6.  
*Análisis de aniones y cationes de las muestras de agua.*

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA					
ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS		
Código de la Muestra			M-104	M-99	M-108
Código Laboratorio			<b>0921653-01</b>	<b>0921653-02</b>	<b>0921653-03</b>
Matriz			<b>Natural</b>	<b>Natural</b>	<b>Natural</b>
Descripción			Subterránea	Superficial	Subterránea
Localización de la Muestra			C.P. Pisit	C.P. Pisit	C.P. Pisit
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados		
Fluoruro (F <sup>-</sup> )	mg/L	0,038	<LCM	<LCM	<LCM
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0,065	<b>0,074</b>	<b>0,321</b>	<b>0,078</b>
- Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	0,05	<LCM	<LCM	<LCM
Bromuro (Br <sup>-</sup> )	mg/L	0,035	<LCM	<LCM	<LCM
- Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,064	<b>1,376</b>	<LCM	<b>0,712</b>
= Sulfato (SO <sub>4</sub> )	mg/L	0,07	<b>0,095</b>	<b>9,971</b>	<b>2,786</b>
= Fosfato (PO <sub>4</sub> )	mg/L	0,032	<LCM	<LCM	<LCM
Dureza Total	mg/L	1,04	<b>34,0</b>	<b>19,4</b>	<b>24,6</b>
Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> )	mg CaCO <sub>3</sub> /L	0,85	<b>28,0</b>	<b>19,1</b>	<b>8,9</b>
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,85	<b>28,0</b>	<b>19,057</b>	<b>8,923</b>

*Leyenda:* LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor < LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas).

*Fuente.* Laboratorio regional del agua.

Tabla 7.  
*Análisis químicos del agua, Metales disueltos.*

ENSAYOS			QUÍMICOS		
Código de la Muestra			M-104	M-99	M-108
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Disueltos		
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	<LCM	<LCM	<LCM
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	<LCM	<LCM
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.010	0.010	0.025
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	2.167	5.428	1.569
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM
Cerio (Ce)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	<LCM	0.096	<LCM
Potasio (K)	mg/L	0.0510	0.695	0.415	0.807
Litio (Li)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	0.778	1.188	0.395
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	<LCM	0.008	0.010
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	mg/L	0.0550	1.524	2.592	1.009
Niquel (Ni)	mg/L	0.0060	<LCM	<LCM	<LCM
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	0.031	<LCM	<LCM
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM
Azufre (S)	mg/L	0.0910	<LCM	3.876	1.538
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	5.741	4.366	3.096
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	<LCM
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	0.023	0.048	0.016
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	mg/L	0.2225	12.28	9.339	6.622

*Leyenda:* LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor < LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas).

Fuente. Laboratorio regional del agua.

Tabla 8.  
*Coliformes Termotolerantes.*

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS
Parámetros	Unidad	LCM	Resultados
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	<1.8

Nota: los resultados < 1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia estructuras biológicas en la muestra.

Fuente. Laboratorio regional del agua.

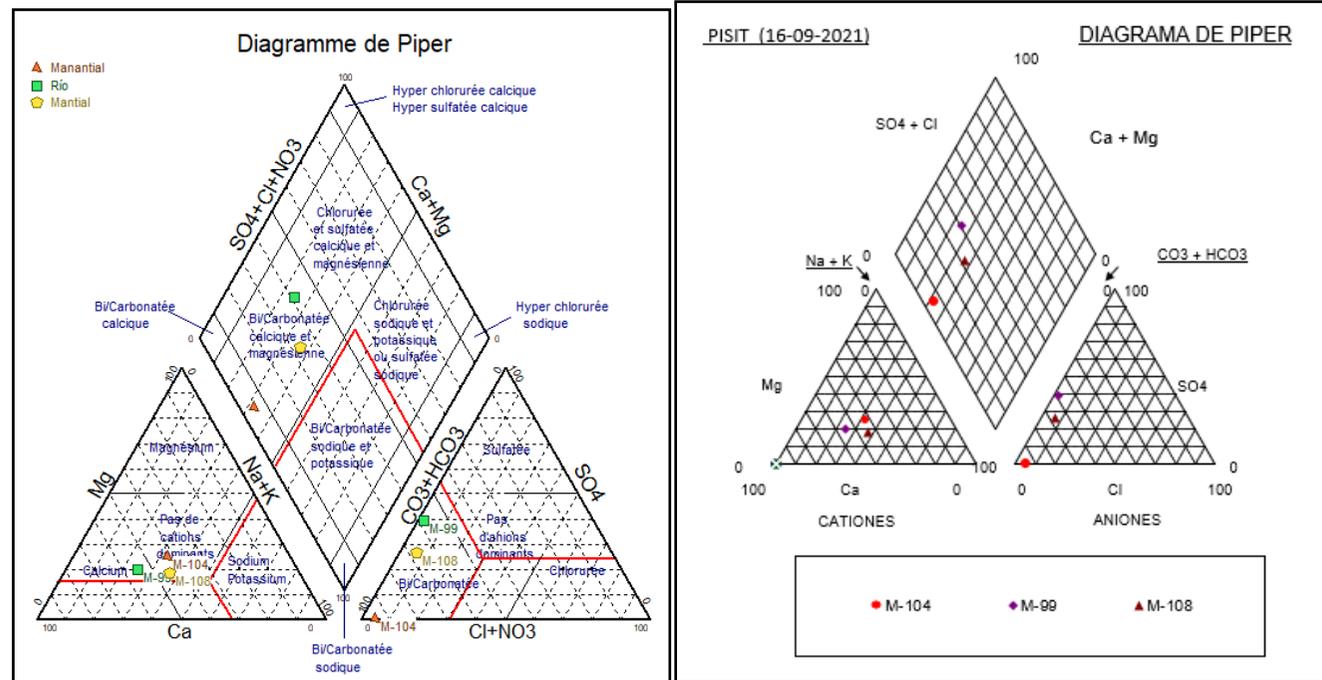


Figura 29. Clasificación de las aguas según los diagramas de piper, utilizando los software DIAGRAMME Y ESAY-QUIM

Con el análisis y procesamiento de datos, en el diagrama de Piper, se identificó que las muestras de agua son de tipo bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas. Donde predomina el anión bicarbonato y los cationes de tipo intermedio. Se infiere que las aguas circulan por rocas carbonatadas del cretácico, entrando en contacto con las aguas meteóricas de la zona de estudio, las cuales infiltran por las rocas volcánicas formando los distintos tipos de recursos hídricos.

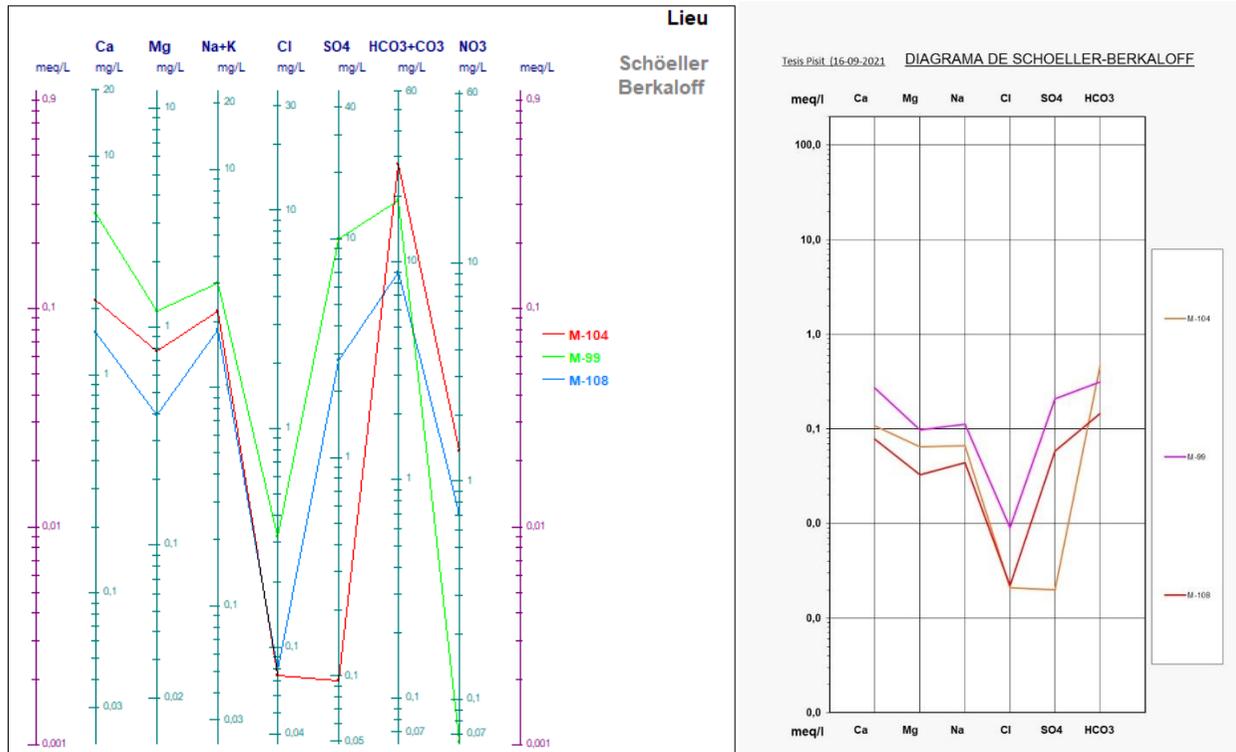


Figura 30. Clasificación de las aguas según los diagramas de Schoeller Berkaloff, utilizando los software DIAGRAMME Y ESAY-QUIM.

Según los diagramas de schoeller en Diagrammes y Easy\_quim, los gráficos varían debido a que este último no trabaja con el ion NO<sub>3</sub>. Se identifica que la muestra M-104 tiene bajo contenido de Cl y SO<sub>4</sub>, mientras que la muestra M-108 solo tiene bajo contenido en Cloro. Y la muestra M-99 se identifica una declinación de NO<sub>3</sub>. Finalmente, las tres muestras tienen una mayor concentración de Bicarbonato, así como se muestra en el diagrama de Piper. Debido a que las fuentes de recarga transcurren por rocas carbonatadas del cretácico y por rocas volcánicas, que al entrar en contacto con los iones de las aguas cambian su composición química, de acuerdo al tiempo, profundidad y recorrido del agua subterránea.

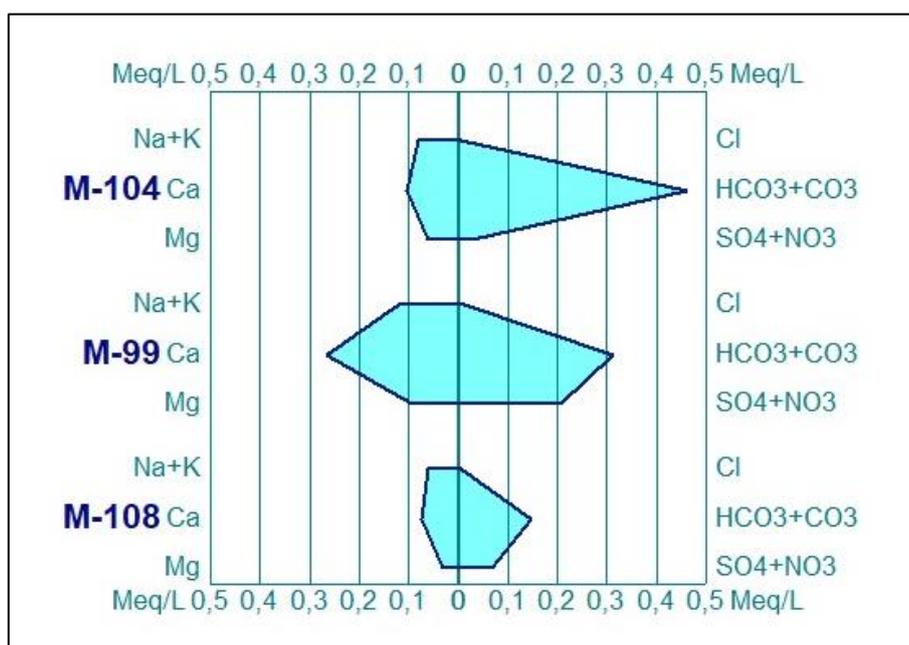


Figura 31. Diagrama de Stiff.

Como muestran los diagramas típicos de Stiff, la muestra M-104 y M-108 se identifica como punta de flecha que es agua subterránea natural, mostrando una tendencia hacia el ion bicarbonato. Finalmente, la muestra M-99 se idéntica una inclinación al catión calcio y anión bicarbonato.

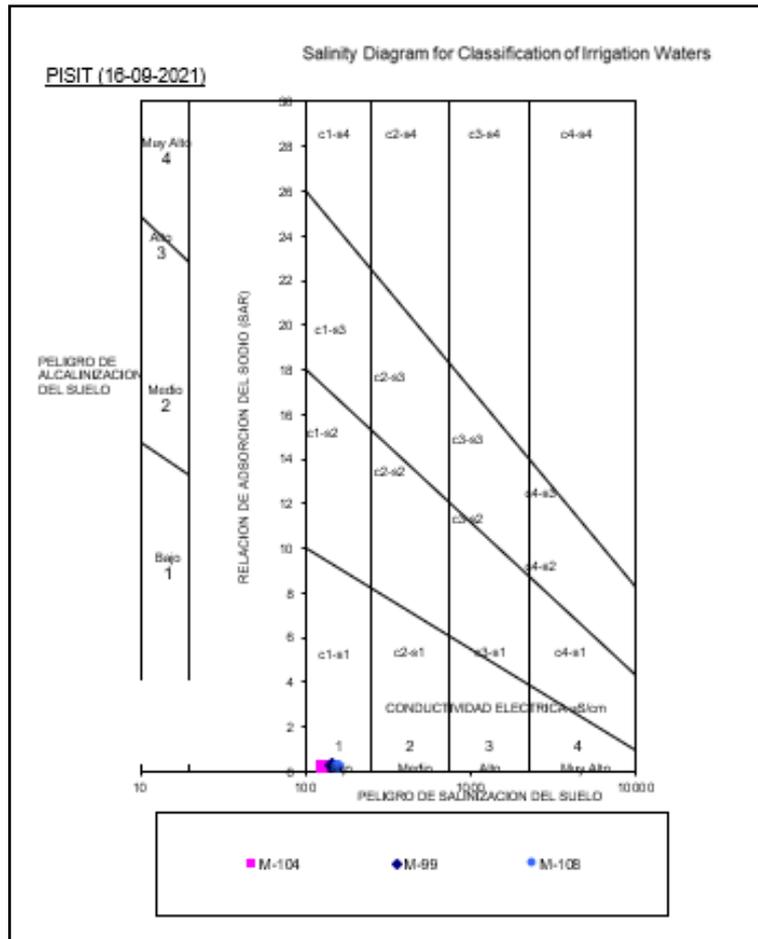


Figura 32. Diagrama de salinidad.

Como se muestra en la figura del diagrama de salinidad de easy-quim se determina que las muestras de agua son de baja salinidad lo que indica apta para el riego en muchos casos, sin embargo, puede existir problemas solo en suelos de muy baja permeabilidad. Así mismo, también observamos que el agua esta con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, puede presentar problemas con los cultivos muy sensibles al sodio.

### 3.3. Tipos de manantiales; Clasificación de manantiales y aguas

Para determinar el tipo de manantiales existentes en la zona de estudio se midió mediante el régimen de flujo, clasificándolos en permanentes y estacionales. En el recorrido de campo se identificó 34 manantiales, de los cuales el 21 % son estacionales

y el 79 % permanentes. Para esta clasificación se evaluó algunos parámetros en campo, como la disminución excesiva de caudal y en algunos casos la desaparición del flujo del agua.

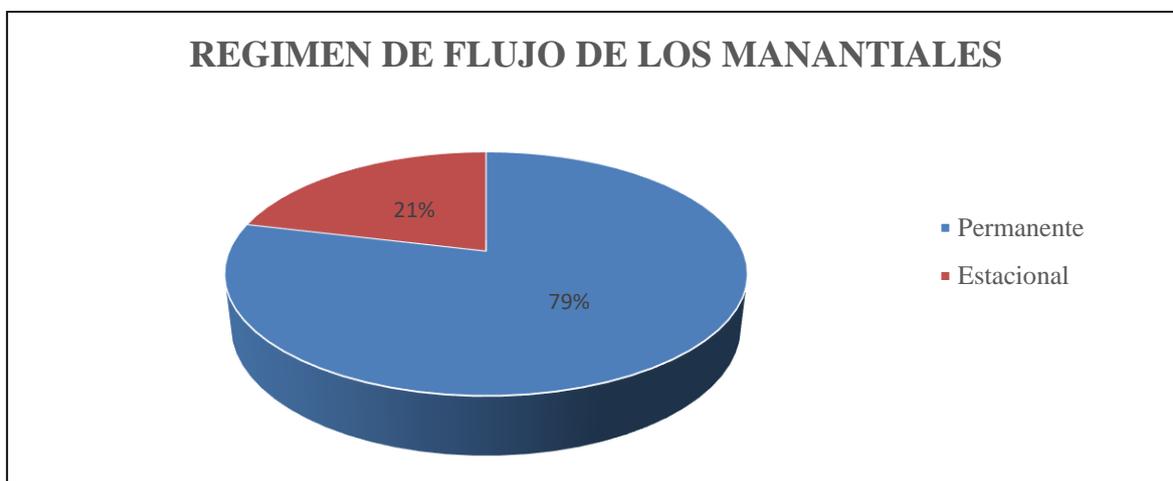


Figura 33. Régimen de flujo de los manantiales de la zona de estudio.

Fuente. Propia.

Con los datos registrados en las salidas de campo se realiza una relación entre la conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y la dureza del agua, con la finalidad de obtener una clasificación de las aguas en base a la dureza. La conductividad eléctrica en la mayoría de puntos se promedia entre 0.0 y 0.14 mS/cm, y solo en siete puntos alcanza los límites entre 0.14 y 0.30 mS/cm, determinado así con estos datos que la zona de estudio presenta aguas blandas y muy blandas, esto quiere decir que hay poca concentración de compuestos minerales de magnesio y calcio, ya que estas son los principales constituyentes para medir la dureza del agua.

Tabla 9  
*Relación entre la conductividad y dureza del agua.*

<b>CONDUCTIVIDAD Y DUREZA DEL AGUA</b>		
<b>TDS (ppt)</b>	<b>CE (mS/cm)</b>	<b>DUREZA</b>
0-0.07	0-0.14	Muy blanda
0.07-0.15	0.14-0.30	Blanda
0.15-0.25	0.30-0.50	Ligeramente dura
0.25-0.32	0.50-0.64	Moderadamente dura
0.32-0.42	0.64-0.84	Dura
Superior a 0.42	Superior a 0.84	Muy dura

*Fuente.* Spain Documents 2015.

### **3.4. Parámetros físico-químicos in-situ**

Con los datos registrados en las salidas de campo, se realizó una comparación estadística para los parámetros físico-químicos tomados in-situ.

#### **pH**

Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable y bebida de animales, establece como límites máximos permisibles entre 6.5 – 8.5 de pH, realizando una comparación con los datos registrados en campo, el manantial 45 tiene un pH de 7.11 en el mes de mayo y 6.98 en agosto, cumpliendo con los LMP y estando en condiciones adecuadas para ser utilizado; por otro lado el manantial 104 registra pH de 5.5 en mayo y 5.75 en agosto, considerándose como los valores más bajos e incumpliendo con los LMP. Así mismo se establece que los manantiales tienen un pH entre 5.5 y 7.11 debido a que en la zona de estudio aflora roca volcánica (andesitas, dacitas), reduciendo el pH de las aguas.

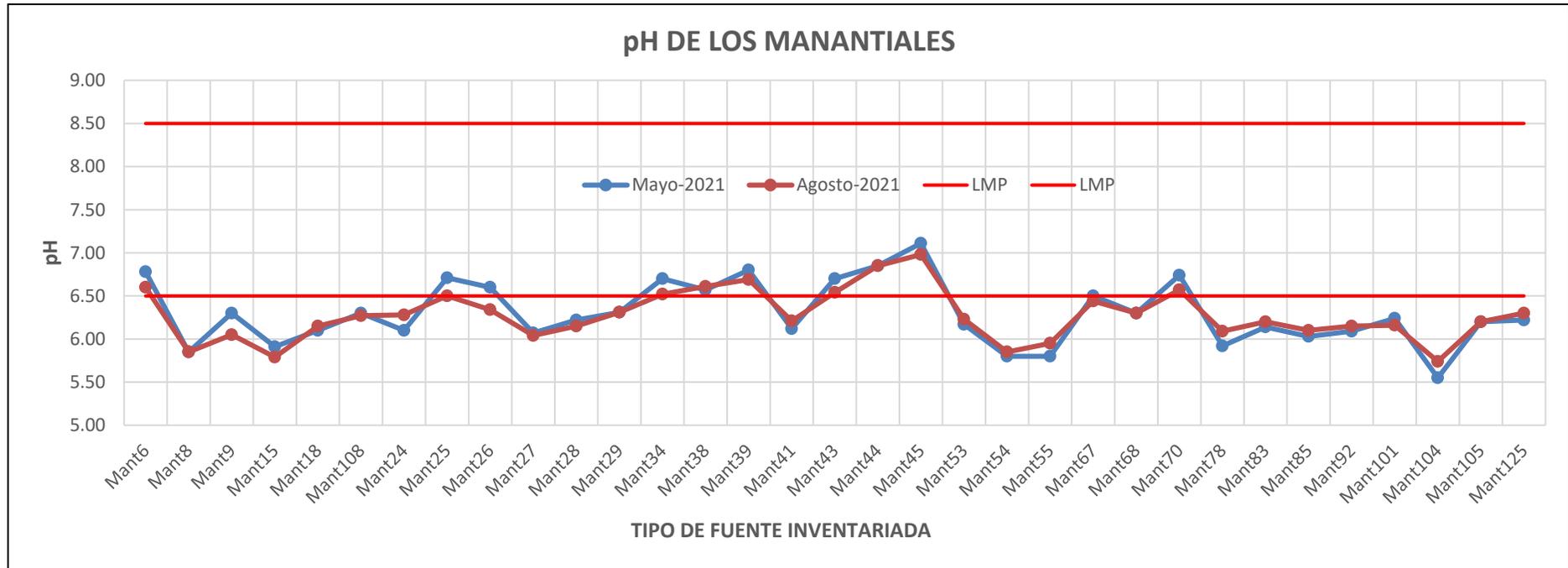


Figura 34. pH de los manantiales.

Fuente. Propia.

## Caudal

Con los datos obtenidos en el mes de mayo se muestra que el manantial 24 presenta un caudal de 0.69 L/s, presentando una leve disminución a 0.65 L/s en el mes de agosto, por ende, se considera un manantial adecuado del cual se abastecen con normalidad durante todo el año los pobladores de la zona de estudio; asimismo, el manantial 85 tiene un buen caudal en ambos meses (0.67 y 0.62 L/s). Los manantiales 18, 24 y 108, son captados para abastecer a los pobladores del Anexo San Pedro, y los manantiales 101, 104 y 105 son utilizados para el abastecimiento del centro poblado Pistit con un caudal de 0.98 L/s. Finalmente se muestra un intervalo de los caudales entre 0.02 y 0.69 L/s.

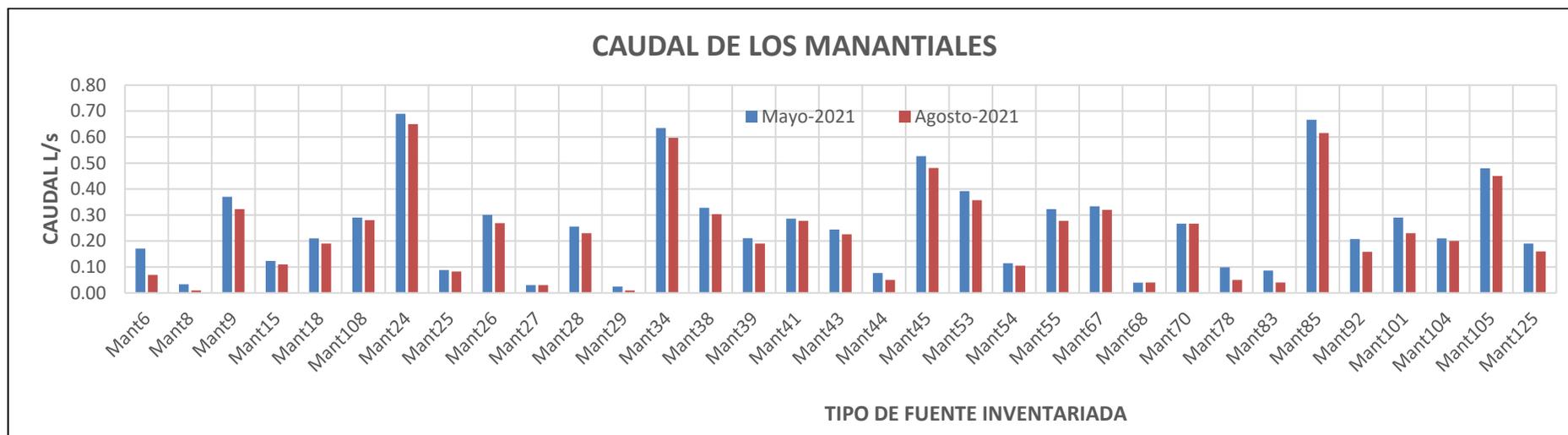


Figura 35. Caudal de los manantiales.

Fuente. Propia.

### Conductividad eléctrica

Mediante el análisis de los datos los manantiales 25 y 68 muestran un mayor nivel de CE, debido a que sus aguas tienen un mayor recorrido por el subsuelo, mientras que los otros manantiales con una conductividad eléctrica entre 20 y 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , son aguas de lluvias, con bajo recorrido o también por la poca cantidad de sales disueltas que se encuentran presentes en los suelos de la zona de estudio, este nivel de conductividad es adecuado para las aguas utilizadas para la agronomía; por otro lado, si las aguas tienen más sales disueltas, puede generar peligro en los cultivos.

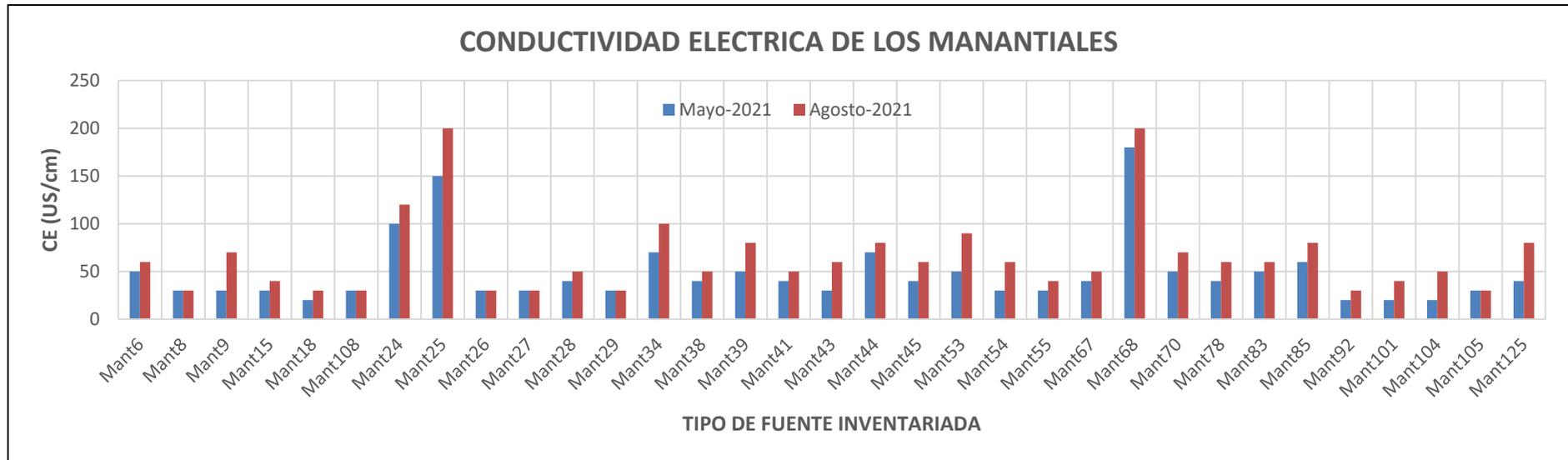


Figura 36. Conductividad eléctrica de los manantiales.

Fuente. Propia.

### Solidos totales disueltos (TDS)

Los compuestos orgánicos e inorgánicos que se encuentran disueltos en el agua cuando están presentes en cantidades elevadas, pueden afectar su olor, sabor y color. Para aguas destinadas al consumo humano según los ECA es inaceptable siendo superior a 1500 ppm, la zona de estudio presenta aguas frescas con un nivel de TDS entre 10 y 100 ppm.

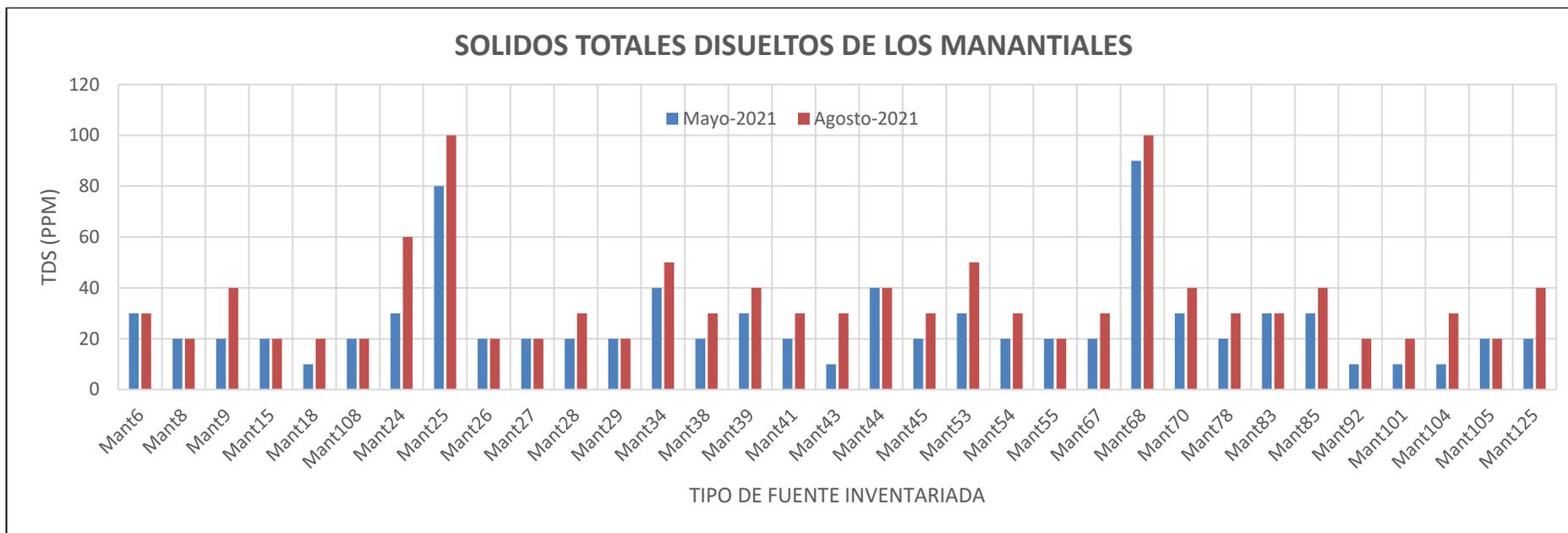


Figura 37. Solidos Totales Disueltos de los manantiales.

Fuente. Propia.

### Temperatura (T°)

La zona de estudio tiene una temperatura constante en sus aguas, en la cual la influencia térmica más significativa es la de las variaciones diarias o estacionales de la temperatura ambiente. Como se muestra en el grafico el manantial 68 tiene la temperatura más elevada con 17.6 °C.

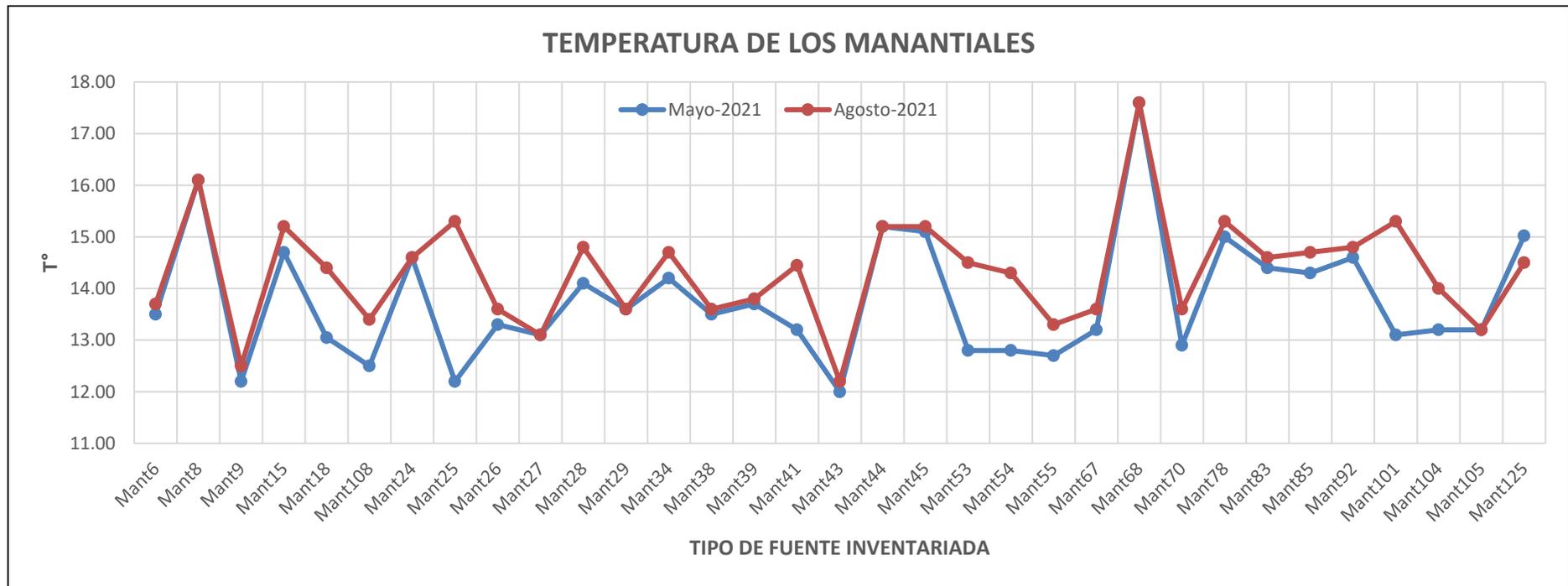


Figura 38. Temperatura de los manantiales.

Fuente. Propia.

Tabla 10.  
*Fuentes inventariadas en las diversas formaciones geológicas.*

	Resultado Mapeo Hidrogeológico	Total, de numero de fuente Inventariada			
		Quebrada	Manantial	Pantano	Rio
FORMACIONES GEOLOGICAS.	Qh-Al: Deposito aluvial	1	0	0	1
	Nm-3-pda: domos dacíticos	0	1	0	0
	Nm-sp E9: Intercalaciones de flujos piroclásticos y cenizas	3	3	2	1
	Nm-sp E10: Depósitos de flujos de lava	5	5	3	0
	Nm. 3-pand: Subvolcánicos de domos andesíticos	1	0	2	0
	Ah: Alteración Hidrotermal	10	20	21	1
	Po-chhgE2: Depósitos de flujos piroclásticos de bloques	0	2	0	0
	Po-amE7: Depósitos de flujos de lava, tobas	9	3	12	0

*Fuente. Propia.*

Tabla 11.  
*Parámetros físico – químicos*

<b>Parámetros</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Promedio</b>
pH	5.5	7.11	6.40
Conductividad US/cm	25	200	100
TDS (ppm)	10	100	50
Temperatura (°C)	12.00	17.60	15.30
Caudal (L/s)	0.05	0.98	0.45

*Fuente.* Propia.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

En este proyecto de investigación se realizó un mapeo hidrogeológico para medir la situación actual de los manantiales colindantes al este de la minera la zanja en el sector de Pisit.

Mediante los resultados obtenidos por el laboratorio Regional de Agua de Cajamarca y el procesamiento de datos en los softwares Diagramers de la universidad Avignon – Francia y Easy Quim de la Universidad Politécnica de Cataluña – España, se interpretó con el diagrama de Piper que las aguas subterráneas de la zona de estudio son de tipo bicarbonatadas cálcicas debido a su concentración química, ya que predomina el anión bicarbonato, debido a que las aguas subterráneas tienen un recorrido por rocas carbonatadas del cretácico antes de llegar a la zona de estudio; a esto se añade la evidencia de la medición del pH con valores entre 5.5 y 7.11 indicando que estas aguas son naturales y no están siendo afectadas por algún efluente del sector minero.

Asimismo, con el Software Easy Quim, se obtuvo el diagrama de salinidad, dando como resultado C1-S1 que indican aguas de baja salinidad y buena calidad, aptas para el riego de los cultivos de la zona de estudio, pero pueden afectar a los cultivos sensibles al sodio en zonas muy saturadas.

Para medir los aniones y cationes predominantes en el agua de la zona de estudio, se realiza una comparación en el diagrama de Schooller, coincidiendo en que los cationes calcio, magnesio, potasio y sodio; y el anión bicarbonato tienen una alta concentración, mientras que los aniones cloruro y sulfato están en bajas concentraciones; por otro lado en Software Diagrames trabaja con el anión Nitrato, el

cual muestra niveles mínimos de concentración, mientras que el Software Easy Quim no contiene este anión.

Basándonos en el caudal medido se clasifica a los manantiales de la zona como estacionales y permanentes, los cuales son recargados en las partes más altas, formado zonas pantanosas, las cuales se alimentan a otros pantanos, manantiales y/o quebradas, donde son captados para diversos usos.

Según parámetros fisicoquímicos medidos insitu, como la conductividad eléctrica y los TDS, se determina que en su mayoría son aguas de poco recorrido y baja salinidad, asimismo la temperatura promedio entre 12 y 17.6 °C indicando que nos encontramos en una zona de precipitaciones constantes y una altitud de 3500 m.s.n.m.

Finalmente, este estudio servirá como guía base para futuras investigaciones y un seguimiento al control de calidad de los parámetros del agua subterránea.

## 4.2 Conclusiones

Se logro recorrer el área de estudió al Este de Minera la Zanja en el sector de Pisit, inventariando 33 manantiales, 40 pantanos, 1 laguna, 1 catarata y 44 puntos en quebradas y ríos, de los cuales, los manantiales 18, 24 y 108, son captados para abastecer a los pobladores del Anexo San Pedro, y los manantiales 101, 104 y 105, abastecen al centro poblado Pisit. Las aguas subterráneas transcurren por las rocas carbonatadas y volcánicas de composición dacita y andesítica en parte con alteraciones hidrotermales, y tobos de fragmentos vitreos, bloques y bombas.

Con base en los análisis realizados en laboratorio se determinó que el tipo de agua es bicarbonatada cálcica y/o magnésica, dominando en altas cantidades el anión bicarbonato, pues se encuentra en una relación directa con las formaciones geológicas presentes en el área de estudio.

Mediante el régimen de flujo que presenta las aguas subterráneas de la zona de estudio se logró clasificar en permanentes y estacionales; así mismo, se estableció una relación entre la conductividad y la dureza del agua, dando como resultado la presencia de aguas muy blandas, debido a la baja concentración de minerales de calcio y magnesio. Los parámetros físico químicos indican un pH del agua entre 5.5 como el más bajo y 7.11 el más alto, por la presencia de la alteración de la zona de estudio; asimismo, se muestra una baja conductividad eléctrica por el bajo recorrido y bajos niveles de TDS por la poca presencia de sales; también se analizó la temperatura que promedia entre 12 y 17.6 tratándose de aguas frías por la ubicación de la zona y su constante precipitación; finalmente el caudal máximo identificado fue del manantial 24 con 0.69 L/s, y los demás entre 0.02 y 0.69 L/s.

En los perfiles realizados A-A' y B-B', deducimos que la recarga de las fuentes subterráneas proviene de las zonas más altas por la precipitación e infiltración, siendo las fracturas, la vía de comunicación del agua superficial con el agua subterránea, en toda la zona de estudio.

## REFERENCIAS

- Mirabbasi, R; Mazlounzadeh, SM; Rahnama, MB. (2008). *Evaluación de la calidad del agua de riego mediante lógica difusa*. Revista de investigación de ciencias ambientales, vol. 2, p. 340-352.
- Navarro, P; R, Monge; Flores A. (2005). *Centros volcánicos Oligo-Miocénicos (grupo Calipuy) en la zona sur de Cajamarca*. Boletín sociedad Geológica del Perú, vol.99, p. 7-21
- Rivera, R. (2007). *Características Metalogenéticas de los yacimientos asociados al volcanismo cenozoico (grupo Calipuy) en el Norte del Perú región Cajamarca*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos.
- WILSON J., (1984) *Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi(13e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14g), Pacasmayo (15-d), Chepén (15-e)*. Boletín38. Serie A. Carta Geológica Nacional. INGEMMET.
- Hernández, W. (2016). *Evaluación Geodinámica de laderas y taludes entre Sunudén-San Miguel-Jangalá, Provincia de San Miguel, DTPO -Cajamarca*. [Tesis para obtener el Título de Geólogo] Universidad Nacional de Cajamarca.
- Bustamante E. (2017). *Identificación de procesos hidrogeoquímicos aplicando modelación inversa en el acuífero Soconusco, Chiapas*. [Tesis para obtener el Título de Maestra en Geociencias Aplicadas]. San Luis Potosí, México.
- BENAVIDES, V. (1956). *Geología de la Región de Cajamarca. Estudio sobre la interpretación geológica y estratigráfica a nivel regional del área de Cajamarca*.

- Peña f, Sulca P, Carpio J. (2010). *Comportamiento Hidrogeológico de las rocas volcánicas en la parte alta de la cuenca del rio Quilca –Vitor – Chili*. XV Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú. INGEMMET, Pub. Esp. p. 113-117
- Rojas, R. et al (2013). Origen de los manantiales de La Costa Verde. Revista ECIPerú.
- San Román Sanchez, JF. 2012. *Hidrogeología Diagramas de Piper*. Salamanca, España. s. n. t.9p.
- Peña, F. (2018). *Perímetros de protección de manantiales en la Zona Oriental de Arequipa. Región Arequipa*. [Informe técnico] Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
- Porto, J.; Merino, M. (2016). Recursos Hídricos. *Definición.de*.
- Ocas, H. (2017). *Calidad del agua de los manantiales que abastecen a la población del caserío de Pomabamba - distrito de Jesús - provincia de Cajamarca*. [Tesis para optar el título profesional de: ingeniero ambiental]. Universidad Nacional De Cajamarca.
- Roberti, L. (2020). Manantiales. *SSWM*.
- Herns, I. y Arnó, G. (2016). *Información hidrogeológica y base cartográfica continua. Perspectivas en el ámbito digital*. Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (ICGC). España.
- Struckmeier, Wilhem F. & Margat, J. (1995). *Definiciones de Cartografía Hidrogeológica*. ICGC. España.
- Benavente, J. (2008). *Acuíferos y aguas subterráneas: Manantiales de Andalucía*. Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla, p. 19-27.

Gonzales, A.; Ramírez, J. (2014). *Manual piragüero 3 - Medición del caudal.*

CORANTIOQUIA. Medellín, Colombia.

Según Sahuquillo, A. (2009). *La importancia de las aguas subterráneas.* Universidad

Politécnica de Valencia. España.

## **ANEXOS**



ANEXO N° 2. Informe de Laboratorio.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 084	
<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084</b>			
			
<b>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA</b>			
<b>INFORME DE ENSAYO N° IE 0921653</b>			
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>			
Razon Social/Nombre	ORESTEDES WALDIR SANCHEZ TORRES		
Dirección	JR. EL MISTI N° 135		
Persona de contacto	ORESTEDES WALDIR SANCHEZ TORRES	Correo electrónico	<a href="mailto:or.waly@hotmail.com">or.waly@hotmail.com</a>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Fecha del Muestreo	07.09.21	Hora de Muestreo	14:06 a 16:39
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	03		
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos- Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Distrito Tongod- San Miguel		
<b>DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO</b>			
N° Contrato	SC-883	Cadena de Custodia	CC - 653 - 21
Fecha y Hora de Recepción	08.09.21	10:02	Inicio de Ensayo 08.09.21 12:00
Reporte Resultado	16.09.21	16:00	
 Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028			
<b>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA</b>			
Cajamarca, 17 de septiembre de 2021			
Página: 1 de 5			
<small>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO*            * LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ            mail: laboratorio@delagua@regioncajamarca.gob.pe      599000 anexo 1140</small>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0921653

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			M-104	M-99	M-108	-	-	-
Código Laboratorio			0921653-01	0921653-02	0921653-03	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	Natural	-	-	-
Descripción			Subterránea	Superficial	Subterránea	-	-	-
Localización de la Muestra			C.P. Pisit	C.P. Pisit	C.P. Pisit	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	<LCM	0.075	<LCM	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.012	0.011	0.027	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	2.416	5.815	1.603	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cerio (Ce)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	<LCM	0.197	<LCM	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.0510	0.720	0.424	0.829	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	0.814	1.199	0.401	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	<LCM	0.018	0.010	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.0550	1.714	2.692	1.214	-	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.0060	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	0.035	<LCM	<LCM	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.0910	0.809	4.117	2.066	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	5.939	4.410	3.250	-	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	0.025	0.050	0.016	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	0.160	0.122	0.155	-	-	-
Silice (SiO2)	mg/L	0.2225	12.70	9.433	6.952	-	-	-

Cajamarca, 17 de septiembre de 2021

Página: 2 de 5



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0921653

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			M-104	M-99	M-108	-	-	-
Código Laboratorio			0921653-01	0921653-02	0921653-03	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	Natural	-	-	-
Descripción			Subterránea	Superficial	Subterránea	-	-	-
Localización de la Muestra			C.P. Pisit	C.P. Pisit	C.P. Pisit	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Disueltos					
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.010	0.010	0.025	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	2.167	5.428	1.569	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cerio (Ce)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	<LCM	0.096	<LCM	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.0510	0.695	0.415	0.807	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	0.778	1.188	0.395	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	<LCM	0.008	0.010	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.0550	1.524	2.592	1.009	-	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.0060	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	0.031	<LCM	<LCM	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.0910	<LCM	3.876	1.538	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	5.741	4.366	3.096	-	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	0.023	0.048	0.016	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Sílice (SiO2)	mg/L	0.2225	12.28	9.339	6.622	-	-	-

Cajamarca, 17 de septiembre de 2021

Página: 3 de 5



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0921653

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código de la Muestra	M-104	M-99	M-108	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0921653-01	0921653-02	0921653-03	-	-	-	-	-
Matriz	Natural	Natural	Natural	-	-	-	-	-
Descripción	Subterránea	Superficial	Subterránea	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	C.P. Pisit	C.P. Pisit	C.P. Pisit	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.0380	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0.0650	0.074	0.321	0.078	-	-	-
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0500	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bromuro (Br <sup>-</sup> )	mg/L	0.0350	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0640	1.376	<LCM	0.712	-	-	-
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	0.0700	0.095	9.971	2.786	-	-	-
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.0320	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Dureza Total	mg/L	1.0400	34.0	19.4	24.6	-	-	-
Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> )	mg CaCO <sub>3</sub> /L	0.8500	28.0	19.1	8.9	-	-	-
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.8500	28.0	19.057	8.923	-	-	-

Leyenda: LCM: Limite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	<1.8	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

Cajamarca, 17 de septiembre de 2021

Página: 4 de 5



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0921653

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO <sub>2</sub> , Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2020 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrate, Fosfato, N-NO <sub>2</sub> , N-NO <sub>3</sub> , P-PO <sub>4</sub> , N-NO <sub>2</sub> +N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. 2017: Alkalinity. Titration Method.
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. 2017: Alkalinity. Titration Method.
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

NOTAS FINALES

- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.  
 (\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
  - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
  - ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
  - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditacion otorgada por INACAL-DA.
  - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 17 de septiembre de 2021

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

Página: 5 de 5

ANEXO N° 3. Certificado de Acreditación del Laboratorio Regional del Agua.



**Certificado**

**INACAL**  
Instituto Nacional de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

**GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA -  
Laboratorio Regional del Agua**

**Laboratorio de Ensayo**  
En su sede ubicada en: Jr. Luis Alberto Sánchez s/n Urb. El Bosque, distrito de Cajamarca, provincia y departamento de Cajamarca.  
Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración\***  
Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 12 de diciembre de 2017  
Fecha de Vencimiento: 11 de diciembre de 2021

Firmado digitalmente por RODRIGUEZ ALEGRIA  
Alejandra FAU 20600283015 soft  
Fecha: 2021-04-23 00:59:24  
Motivo: Soy el Autor del Documento

**ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGBÍA**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 608-2017/INACAL-DA  
Contrato N° : 042-2017/INACAL-DA  
Registro N° : LE-084

Fecha de emisión: 22 de abril de 2021

\*La acreditación con la NTP-ISO/IEC 17025:2017 inicia a partir del 20 de marzo de 2021, según Cédula de Notificación N° ISO-2003-INACAL/DA-2021-0019.  
El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y ámbito de calibración dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe consultarse en la página web: [www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditador](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditador) al momento de hacer uso del presente certificado.  
La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Asia America; Accreditation Cooperation (AACC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Múltiple con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-06P-02M Ver. 02

ANEXO N° 4. Estándares de Calidad Ambiental estipulado en el D.S. N°004-2017-MINAM.

**Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Urano	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Fomas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
Giardia duodenalis	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
Salmonella spp	Presencia/100 ml	0	0
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

**Nota 2:**

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

ANEXO N° 5. Río Pisit, punto de la muestra 3.



ANEXO N° 6. Catarata de la zona de estudio.



ANEXO N° 7. Infiltración de aguas por las fracturas de las rocas.



ANEXO N° 8. Muestras para análisis en laboratorio.



ANEXO N° 8. Realizando la toma de muestra en el manantial 108.



ANEXO N° 8. Calculando el caudal con tubo, balde y cronometro.



ANEXO N° 9. Medición de los parámetros físico- químicos, in situ.

