

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS  
EN LA COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS AGUAS  
TERMALES DEL VALLE DE LLANGUAT - DISTRITO  
CELENDÍN - PROVINCIA CELENDÍN, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Geóloga

Autora:

Leslye Xiomara Montoya Chávez

Asesor:

Mg. Sc. Ronald Smith Mayta Rodas

Cajamarca - Perú

2021



## DEDICATORIA

Con mucho amor a Dios,  
Quién me bendijo con unos ejemplares padres, Hugo y Gladis  
Quiénes hacen las veces de mejores amigos desde que tengo uso de razón.

A mi hermana, Karolain  
Quién a su corta edad me enseñó mucho sobre la perseverancia y la bondad.

A mis padrinos, José y Betty  
Quienes en más de una ocasión hicieron las veces de mis padres  
Y siempre me apoyaron en todo.

A mis profesores  
Quiénes con su sabiduría supieron encaminarme en el camino de la geología.

## **AGRADECIMIENTO**

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Geológica de la Universidad Privada del Norte Sede Cajamarca, quienes supieron encaminarme, corregirme y transmitirme sabiamente sus conocimientos, en especial a mi asesor de tesis: ING. Ronald Smith Mayta Rodas, quien supo orientarme correctamente en mi camino hacia la Hidrogeología.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>72</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>79</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1. MODELO CADENA DE CUSTODIA PROPORCIONADO POR LA DIGESA. ....	17
FIGURA N° 2. PLANO GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....	19
FIGURA N° 3. CALIZAS ARENOSAS. VISTA NW. ....	20
FIGURA N° 4. SECUENCIA DE MARGAS Y CALIZAS GRIS. VISTA NW. ....	21
FIGURA N° 5. CALIZAS GRIS OSCURAS CON LUTITAS. VISTA NW. ....	22
FIGURA N° 6. ZONA DE CONTACTO ENTRE ARENISCAS ROJIZAS Y MARGAS. VISTA NW. ....	23
FIGURA N° 7. FALLAS Y FRACTURAS INFERIDAS, EN LA ZONA DE ESTUDIO, MOSTRANDO UN INTENSO TECTONISMO QUE CONTRIBUYE A LA .....	25
FIGURA N° 8. ZONA DE FRACTURAS, VISTA NW. ....	26
FIGURA N° 9. PLIEGUES REPRESENTATIVOS DE LA ZONA, VISTA NE. ....	27
FIGURA N° 10. PLANICIES DEL ÁREA DE ESTUDIO. VISTA N. ....	28
FIGURA N° 11. LOMADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO. VISTA NW. ....	29
FIGURA N° 12. LADERAS DEL ÁREA DE ESTUDIO, VISTA N. ....	30
FIGURA N° 13. ESCARPAS DEL ÁREA DE ESTUDIO, VISTA NE. ....	30
FIGURA N° 14. PLANO DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....	33
FIGURA N° 15. PLANO DE ACCESIBILIDAD HACÍA LA ZONA DE ESTUDIO. ....	35
FIGURA N° 16. CRITERIO DE SELECCIÓN. ....	36
FIGURA N° 17. MATERIAL DE MUESTREO. ....	37
FIGURA N° 18. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS EN EL VALLE DE LLANGUAT. ....	38
FIGURA N° 19. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS EN EL VALLE DE LLANGUAT. ....	38
FIGURA N° 20. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS EN EL VALLE DE LLANGUAT. ....	39
FIGURA N° 21. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS EN EL VALLE DE LLANGUAT. ....	40
FIGURA N° 22. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS EN EL VALLE DE LLANGUAT. ....	40
FIGURA N° 23. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS EN EL VALLE DE LLANGUAT. ....	41
FIGURA N° 24. MUESTREO DE AGUAS TERMALES EN EL VALLE DE LLANGUAT. ....	41
FIGURA N° 25. MUESTREO DE AGUAS TERMALES EN EL VALLE DE LLANGUAT. ....	42
FIGURA N° 26. MUESTREO DE AGUAS TERMALES EN EL VALLE DE LLANGUAT. ....	42
FIGURA N° 27. FACIES DEL DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER. ....	45
FIGURA N° 28. DIAGRAMA DE STIFF. ....	46
FIGURA N° 29. INTERFAZ DE BIENVENIDA A EASY_QUIM. ....	47
FIGURA N° 30. LLENADO DE DATOS GENERALES A LA IZQUIERDA Y DATOS ESPECÍFICOS A LA DERECHA (DATOS DE LABORATORIO).....	47
FIGURA N° 31. INTERFAZ DE BIENVENIDA A DIAGRAMMES.....	48
FIGURA N° 32. FORMATO EXCEL DE DIAGRAMMES.....	48
FIGURA N° 33. INTERFAZ DIAGRAMMES, LISTA PARA SER PROCESADA. ....	48
FIGURA N° 34. FACIES DEL DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER. ....	60
FIGURA N° 35. RESULTADOS SEGÚN PIPER EN DIAGRAMMES. ....	60
FIGURA N° 36. RESULTADOS SEGÚN PIPER EN EASY_QUIM. ....	61
FIGURA N° 37. RESULTADOS SEGÚN SCHOLLER EN DIAGRAMMES.....	62
FIGURA N° 38. RESULTADOS SEGÚN SCHOLLER EN EASY_QUIM.....	62
FIGURA N° 39. ESQUEMA DEL DIAGRAMA PROPUESTO POR STIFF. ....	63
FIGURA N° 40. RESULTADOS SEGÚN STIFF EN DIAGRAMMES.....	63
FIGURA N° 41. DIAGRAMA DE SALINIDAD EN EASY_QUIM. ....	64
FIGURA N° 42. PLANO Y CORTES GEOLÓGICOS. ....	67
FIGURA N° 43. CORTE Y PERFIL GEOLÓGICO A-A' DEL ÁREA DE ESTUDIO. EN EL PERFIL SE APRECIA EL POSIBLE FRACTURAMIENTO Y LÍNEAS DE FLUJO. ....	68
FIGURA N° 44. CORTE Y PERFIL GEOLÓGICO B-B' DEL ÁREA DE ESTUDIO. EN EL PERFIL SE APRECIA EL POSIBLE FRACTURAMIENTO Y LÍNEAS DE FLUJO. ....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°1 TABLA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO .....	15
TABLA N°2 TABLA DE ETIQUETADO PARA MUESTREO DE AGUAS EN CAMPO .....	15
TABLA N°3 COORDENADAS UTM WGS-84 DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	32
TABLA N°4 ACCESOS A LA ZONA DE INVESTIGACIÓN. ....	34
TABLA N° 5 NÚMERO DE ARTÍCULOS UTILIZADOS .....	36
TABLA N°6 RESULTADOS QUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA. ....	49
TABLA N°7 RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA. ....	50
TABLA N°8 RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA. ....	51
TABLA N°9 CONTRASTE DE PARÁMETROS QUÍMICOS, FÍSICOS Y MICROBIOLÓGICOS. ....	52
TABLA N°10 RESULTADOS OBTENIDOS IN SITU. ....	56
TABLA N°11 CLASIFICACIÓN DE AGUAS POR SU TEMPERATURA. ....	57
TABLA N°12 CLASIFICACIÓN DE AGUAS POR SU DUREZA.....	58
TABLA N°13 RELACIÓN ENTRE LA CONDUCTIVIDAD Y LA DUREZA DEL AGUA. ....	59
TABLA N°14 PROPIEDADES TERAPÉUTICAS ATRIBUIBLES PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE AGUA. ....	65

## RESUMEN

El presente estudio ha tenido como objetivo determinar la influencia de las características litológicas en la composición fisicoquímica de las aguas termales del Valle de Llanguat - Distrito Celendín - Provincia Celendín, para ello se emplearon métodos que corroboren la hipótesis. Se inició con el análisis de parámetros químicos (metales disueltos), fisicoquímicos y microbiológicos (coliformes termotolerantes) en el Laboratorio Regional del Agua - Cajamarca de dos (02) afloramientos termales más representativos del valle, luego se realizó el contraste de los resultados del Laboratorio Regional del Agua y los Estándares de Calidad Ambiental para aguas de Tipo B con contacto directo estipulado en el D.S. N°004 - 2017 - MINAM; esto con la intención de hallar anomalías en los parámetros para así caracterizar las aguas, paso seguido se realizó el análisis fisicoquímico de los resultados del laboratorio mediante clasificaciones universalmente reconocidas en el campo de la Hidroquímica en softwares y así determinar el tipo de agua, para finalmente realizar un modelado geológico conceptual.

Los primeros dos métodos empleados clasificaron las aguas termales del Valle de Llanguat como aguas sulfatadas y/o cloruradas sódicas, esta clasificación brindó un escenario más claro al tener que inferir la zona de recarga y recorrido de estas aguas de manera conceptual.

**Palabras Clave:** Aguas Termales, Análisis Fisicoquímico, ECA, Modelado geológico conceptual.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Durante los últimos años, se ha incrementado la valoración de productos vinculados al turismo alternativo por parte de los viajeros, quienes demandan nuevas características y servicios en los destinos. El turismo salud, precisamente el termalismo, ha cobrado relevancia dentro de la cartera de viajes con fines recreativos y terapéuticos, se entiende por termalismo en referencia al agua medicinal que, basándose fundamentalmente en su composición hidroquímica, tienen una aplicación terapéutica concreta. Estas aguas medicinales deben provenir de una fuente o manantial, tener sustancias minerales disueltas, emerger a temperatura mayor a 20°C, y así mismo deben estar libres de gérmenes nocivos, es decir bacteriológicamente no contaminadas, en cuanto a la composición química, esta debe ser concreta y estable (Aramburu, 1999).

Al carecer de información es complicado realizar una aplicación terapéutica concreta, por lo que es necesario realizar estudios, muestreos y clasificaciones para de esta forma tener un destino turístico de salud avalado. Internacionalmente se han realizado estos estudios, como es el caso de Cruz (2017), en su tesis: “Composición química de las Aguas Termales en el Estado de México: Implicaciones para sus usos” quien logró clasificar las aguas termales presentes en diversas localidades del Estado de México, a partir de sus características fisicoquímicas, para poder identificar sus propiedades medicinales, con la finalidad de contribuir al desarrollo del turismo de salud termal y como una forma de medicina alternativa en la entidad mexiquense, llevando a cabo la clasificación hidroquímica mediante dos softwares: Diagrammes y AquaChem en base a los diagramas de representación hidroquímica como Piper y Schöeller-Berkalof. Así

como también en España, se realizaron estudios hidrogeológicos con la finalidad de clasificar las aguas termales mediante software, como lo realizó García (2019), en su tesis: “Comparación y caracterización hidrogeológica de las Termas Chavasqueira”, dónde describe la comparación de resultados entre los softwares Easy-quim y Diagrammes, mostrando resultados similares empleando las clasificaciones con los mismos autores. Ahora bien, para comprender el porqué de las características de las aguas termales, se debe entender que los afloramientos de estas aguas son el resultado de todo un proceso hidrológico que se puede demostrar mediante un modelamiento conceptual como lo realizó Celis (2012), en su tesis: “Caracterización geoquímica del sistema geotermal Termas de Puyehue – Aguas Calientes, Región de los Lagos, Chile” dónde menciona que utilizó información geológica y geoquímica obtenida del área de estudio, con la finalidad de mejorar el uso directo de estas aguas para los pobladores.

Por otra parte, según Termatalia (2014) menciona que el Perú es uno de los países de América Latina con mayor potencial termal; sin embargo, solo el 15% de los centros termales funcionan de manera legal y el 85% no cuentan con la autorización respectiva para su funcionamiento, así como indica la Dirección Nacional de Desarrollo Turístico (DNDT, 2009). Generalmente estos centros termales no logran desarrollar todo su potencial por falta de interés de los propietarios y desinformación; ya que, al carecer de estudios que acrediten que estos lugares cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua según el Decreto Supremo N°004 - 2017 - MINAM, existe temor de contraer enfermedades o en el peor de los casos perder la vida, siendo este uno de los principales factores del no desarrollo turístico balneológico; es por ello que el análisis las características físicoquímicas de las aguas termales como: temperatura, dureza, pH, alcalinidad, presencia de metales, coliformes

termotolerantes, aniones, sólidos disueltos; son de vital importancia para así descartar cualquier tipo de incertidumbre y temor al exponerse a estas; por otro lado, al conocer la composición de las aguas termales, estas podrían ser utilizadas con fines terapéuticos. Reyes (2015). Por lo que, a nivel nacional se vienen realizando estudios de caracterización fisicoquímica, como es el caso de Llahuilla y Arroyo (2019) en su artículo científico: “Estudio químico del agua termal de San Antonio de Putina-Puno durante las estaciones del año”, dónde nos mencionan que el agua termal evaluada tiene elementos químicos con alta concentración de sodio, potasio cloruro y sulfato, durante las cuatro estaciones del año presentan la mayor concentración media en verano y la menor concentración media en primavera a su vez los mili equivalentes de los elementos químicos de alta concentración clasifican para la aplicabilidad terapéutica. A nivel local se tiene el caso de Rojas (2017), en su tesis: “Caracterización de aguas termales mediante análisis fisicoquímico en el Caserío de Chotén - Distrito de San Juan”, dónde buscó realizar la caracterización fisicoquímica de las aguas termales que afloran en el caserío de Choten del distrito de San Juan, con la finalidad de conocer sus propiedades para aprovecharlas en bien de la población. En el año 2015, se publicó una propuesta para el desarrollo de turismo balneológico en Perú, siendo parte de un proyecto binacional Peruano - Checo, llamado “Desarrollo de las aguas termales y minerales en el Perú”, su objetivo principal fue la creación de condiciones para un futuro desarrollo turístico en balneología e hidroterapia en base a las aguas termales y minerales de Perú; siendo Cajamarca y Churín dónde se realizaron trabajos detallados de cartografiado geológico e hidrogeológico en base al cual se conoció la procedencia, composición de las aguas termales.

Por todo lo expuesto, el presente estudio busca determinar la influencia de las características litológicas en la composición fisicoquímica de las aguas termales que afloran en el Valle de Llanguat - Distrito de Celendín, con la finalidad de conocer sus propiedades para aprovecharlas en bien de la población, y así ayudar a tener una mejor gestión de estas.

Como consecuencia, nos planteamos como problema, responder a la siguiente pregunta de investigación que a continuación se mostrará.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la influencia de las características litológicas en la composición fisicoquímica de las aguas termales del Valle de Llanguat - Distrito de Celendín – Provincia de Celendín?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar la influencia de las características litológicas en la composición fisicoquímica de las aguas termales del Valle de Llanguat - Distrito Celendín - Provincia Celendín – 2021.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Describir la geología local y las características litológicas de la zona de estudio.
- Determinar la salubridad de las aguas termales del valle de Llanguat.
- Caracterizar las aguas termales mediante análisis fisicoquímico, del valle de Llanguat.
- Caracterizar las aguas termales mediante la teoría del gradiente geotérmico.
- Realizar un modelado conceptual para así inferir el origen y formación de las aguas termales en el Valle de Llanguat.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis General**

- Las características litológicas influyen significativamente en la composición fisicoquímica de las aguas termales del Valle de Llanguat - Distrito Celendín - Provincia Celendín, 2021.

### **1.4.2. Hipótesis Específicas**

- El cartografiado permitirá conocer las formaciones geológicas y las características litológicas de la zona de estudio.
- Las características litológicas de la zona de estudio están relacionadas con las aguas termales del Valle de Llanguat - Distrito Celendín - Provincia Celendín.
- Con el análisis fisicoquímico se podrá caracterizar las aguas termales, del Valle de Llanguat - Distrito Celendín - Provincia Celendín.
- Los afloramientos de aguas termales inventariados guardan relación con la gradiente geotérmica.
- Mediante el modelado geológico conceptual se logró inferir el origen y formación de las aguas termales en el Valle de Llanguat.



## **CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Población y muestra**

#### **2.1.1. Población**

Afloramientos de las aguas termales Valle de Llanguat - Distrito Celendín - Provincia Celendín.

#### **2.1.2. Muestra**

Dos de los afloramientos más representativos de las aguas termales del Valle de Llanguat - Distrito Celendín - Provincia Celendín.

### **2.2. Materiales, instrumentos y métodos**

#### **2.2.1. Materiales de muestreo**

A continuación, se detallarán los artículos utilizados durante el muestreo de aguas subterráneas en el Valle de Llanguat – Celendín.

- Libreta de campo
- Lapiceros de colores
- Brújula
- GPS
- Escalímetro
- Plano de ubicación
- Cámara fotográfica
- Frascos estériles
- Preservantes
- Ice pack
- Cooler
- Plumón indeleble azul
- Guantes quirúrgicos desechables
- Reloj
- Cronómetro
- Jarra de plástico transparente
- Medidor multiparámetros (pH, T°, CE)

### 2.2.2. Instrumentos

A continuación, se detallarán las herramientas de gabinete utilizadas durante el procesamiento de datos obtenidos del laboratorio sobre las aguas subterráneas obtenidas del Valle de Llanguat - Distrito Celendín - Provincia Celendín.

- Excel
- Word
- QGIS 3.16
- Easy Quim V.5 - Universidad Politécnica de Cataluña / España
- Diagrammes – Universidad de Avignon / Francia

### 2.2.3. Métodos

El presente proyecto tiene como finalidad analizar la influencia de las características litológicas del Valle de Llanguat – Celendín en la composición físico-química de las aguas termales del mismo Valle, para lo cual se plantearon métodos y técnicas que se detallan a continuación:

Observación directa no participante, consiste básicamente en observar el objeto de estudio dentro de una situación particular, todo esto se hace sin necesidad de intervenir o alterar el ambiente en el que se desenvuelve el objeto. (Rodríguez, 2005). El instrumento que ha usado para la técnica mencionada consiste en una guía de observación con lápiz y papel; a través del mismo se ha establecido un protocolo de observación en donde a simple vista se han de anotar todos los fenómenos presentes in situ (características litológicas de la zona, topografía, relieve, puntos de afloramiento, etc.).

Observación indirecta, se presenta cuando el investigador corrobora los datos que ha tomado de otro, o sea de testimonios orales o escritos de personas que han tenido contacto de primera mano con la fuente que proporciona los datos. (Rodríguez, 2005). Hace referencia al contraste de datos recolectados inicialmente y el testimonio del Sr. Misael

Alcántara Guevara, dueño de los terrenos en dónde se encuentran los afloramientos de las aguas termales.

Análisis documentario, donde se va clasificando la información de acuerdo a la importancia que pueda tener para el estudio; dentro de esta metodología se albergan tesis, artículos, revistas científicas, entre otras fuentes para complementar el estudio.

Recolección de datos in situ, se utilizaron materiales de muestreo (botellas de 1° uso y préstamo de frascos estériles y apropiados para la toma de muestra, preservantes, cooler, ice pack). Para una correcta manipulación de datos se utilizaron tablas, cadenas de custodia y etiquetado que es proporcionado por el laboratorio. Los instrumentos mencionados son los siguientes:

Tabla N°1

*Tabla de ubicación de puntos de muestreo*

Estación	Norte	Este	Código de muestreo	Sistema de coordenadas
01				
02				

Fuente: Propia.

La tabla N°1, nos permite tener la ubicación espacial de los puntos de muestreo.

Tabla N°2

*Tabla de etiquetado para muestreo de aguas en campo*

Laboratorio Regional del Agua - Cajamarca					Código del Cliente
Etiquetas de Muestreo					ID Muestra
Código de Laboratorio					Localización
Parámetros Físicos - Químicos - Biológicos					Fecha y Hora
pH	Cloro	Oxígeno Disuelto	Nc. Totales	Alcalinidad	
Conductividad	Metales Totales	Nitrógeno	Nc. Termo	Ps. Aeruginosa	
Turbidez	Mercurio	Cn...	E. Coli		
Aniones	Dureza	Aceites Y Grasas	B. Hetero		

TDS	Metales Disueltos	Sulfuros	O.V.L	Muestreador
Color	DQO	Cromo VI	Huevo y Larvas de Helminitos	
TSS	DBO	Color	Formas Parasitarias	

Fuente: Laboratorio Regional del Agua - Cajamarca.

La tabla N°2, ayuda a sintetizar la información recolectada en los frascos estériles, marcando así por casillas los parámetros que se tomarán de cada frasco. Estas etiquetas son hidrofóbicas, y vienen adheridas al material de muestreo. Los muestreadores únicamente llenan los datos que se encuentran en el recuadro del código del cliente; ya que, los demás datos son llenados en el Laboratorio antes de ser entregados. “Es imprescindible el etiquetado en todas las muestras para poder asegurar la identificación adecuada a lo largo del todo el proceso de monitoreo de campo, transporte y análisis de laboratorio”. (Tejerina, 2015).



La figura N°1, representa un modelo de cadena de custodia para análisis de aguas en laboratorio, esta herramienta garantiza las condiciones de identidad, registro, seguimiento y control de los resultados de análisis de laboratorio. La ficha de los datos recolectados para esta tesis se encuentra en el Anexo N° 1.

### **2.3. Aspectos éticos**

Consideraciones éticas que se tomó durante el estudio.

- Se consiguió el permiso de acceso hacía el área de estudio con la autorización del Sr. Misael Alcántara Guevara, dueño de los terrenos involucrados semanas antes de presentar el tema de tesis para visto bueno.
- Los equipos multiparámetros utilizados para la recolección y toma de datos insitu, fueron calibrados previamente.
- Se trabajó con un laboratorio de calidad avalado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), siendo un organismo Público Técnico Especializado y Máxima Autoridad Técnico-Normativa del Sistema Nacional para la Calidad, responsable de su funcionamiento en el marco de lo establecido en la Ley N. ° 30224. (Ver Anexo N°2), siguiendo las indicaciones para la toma de muestras de aguas y así evitar la contaminación de estas.
- Los softwares: QGIS, Easy - quim, Diagrammes, utilizados para el procesamiento de datos en gabinete, son de libre descarga.

### **2.4. Aspectos Generales**

#### **2.4.1. Marco Geológico**

##### **2.4.1.1. Geología Local**

El área de interés abarca diez (10) formaciones geológicas según la Carta Geológica del INGEMMET, desde el Cretáceo – Inferior con la presencia del Grupo Goyllarisquizga hasta el Cretáceo Superior hasta la Formación Chota. Como se muestra en la Figura N°2.

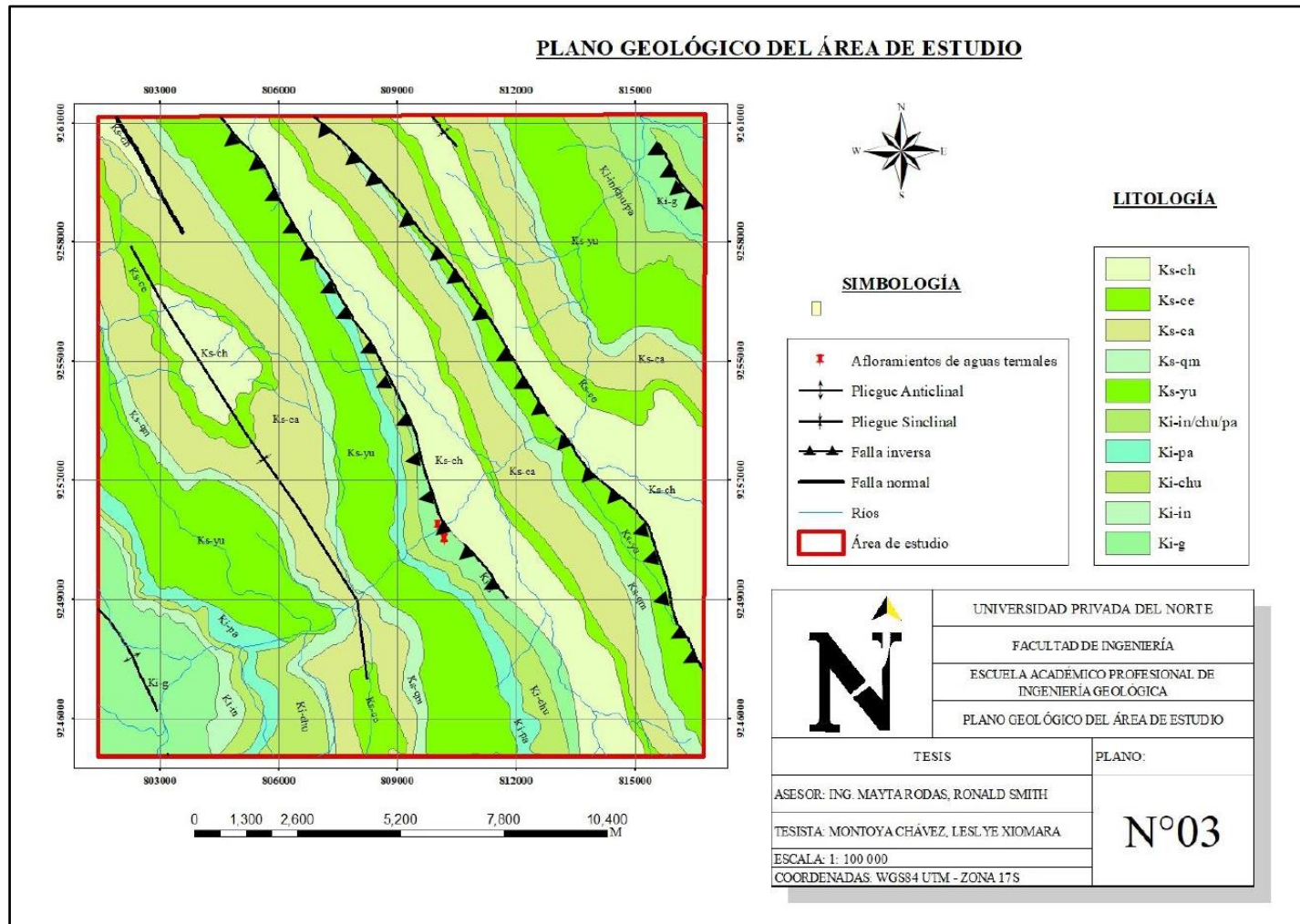


Figura N° 2. Plano geológico del área de estudio.  
 Fuente: Propia.



### **Grupo Goyllarisquizga (Ki – g)**

Se encuentra en la parte noroeste de nuestra zona de estudio, posee areniscas cuarzosas bien clasificadas de grano medio a grueso, algunas capas son conglomerados con guijarros pequeños. Presentan una coloración gris clara a blanca ligeramente amarillenta que por meteorización toman colores amarillentos, rojizos debidos al material ferruginoso que contiene.

### **Formación Chúlec (Ki- chu)**

Esta formación se extiende como una franja en toda nuestra área de trabajo, consiste en una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Generalmente los bancos de margas se presentan muy nodulosos y las calizas frescas muestran colores gris parduzcos algo azulados.



*Figura N° 3. Calizas arenosas. Vista NW.*  
Fuente: Propia.

### **Formación Pariatambo (Ki –pa)**

Esta formación se extiende de sur a norte en nuestra zona de estudio, consiste en una alternancia de lutitas con delgados lechos de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos (chert) y dolomíticos, con un característico olor fétido al fracturarlas. Su espesor varía entre 150 a 200 m. Esta formación yace concordantemente



sobre la formación Chúlec e infrayace con suave discordancia a la formación Yumagual, relación observable en la cuenca de Pulluicana.

### **Formación Inca / Chúlec / Pariatambo (Ki – in/chu/pa)**

Estás formaciones se encuentran al noroeste de nuestra zona de estudio, Litológicamente consiste de areniscas, lutitas y margas con intercalaciones calcáreas.

### **Formación Yumagual (Ks –yu)**

Esta formación es una de las más representativas se sitúa en gran parte de nuestra área de estudio. Consiste en una secuencia de margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes, destacando un miembro medio lutáceo margoso, amarillento, dentro de un conjunto homogéneo presenta escarpas debido a su dureza uniforme. Tiene un grosor aproximado de 700 m.



*Figura N° 4.* Secuencia de margas y calizas gris. Vista NW.  
Fuente: Propia.

### **Formación Quilquiñan / Mujarrum (Ks – qm)**

Esta formación la podemos apreciar en dos partes de nuestra zona de estudio a cada extremo del río Grande.

La base consiste en una secuencia de calizas nodulares, seguida de una intercalación de margas y lutitas amarillentas, continúan delgados lechos de calizas nodulares con margas de color pardo amarillento también fosilíferas. Finalmente se encuentran bancos de calizas claras con lutitas arenosas y margas delgadas con abundantes fósiles.

### **Formación Cajamarca (Ks – ca)**

Los afloramientos de la formación Cajamarca se ubican en dos sectores de nuestra zona de estudio, consiste de calizas gris oscuras o azuladas, con delgados lechos de lutitas y margas. Las calizas se presentan en bancos gruesos con escasos fósiles.



*Figura N° 5.* Calizas gris oscuras con lutitas. Vista NW.  
Fuente: Propia.

### **Formación Celendín (Ks – ce)**

Se tiene afloramientos de esta formación en la zona suroeste de la zona de estudio, presenta intercalaciones de calizas margosas algo nodulosas en capas delgadas, algunas son lumaquéticas, asimismo calizas areniscosas color gris amarillento, sobre todo en la parte superior. Se observa abundantes láminas de yeso secundario distribuido en el material arcilloso, formando costras en los estratos calcáreos o también rellenando cavidades.

### **Formación Chota (Ks –ch)**

Esta es otra de las formaciones más representativas del área de estudio; ya que, abarca gran parte de ella, se distinguen dos miembros bien definidos, el miembro basal está constituido por sedimentos arcillosos tales como lutitas, lodolitas y margas, de color rojo y marrón amarillento, con intercalaciones de areniscas finas gris verdosas, en capas medianas y delgadas algo friables. Las lutitas y lodolitas se presentan en estratos gruesos, contienen algunos clastos de material cuarzoso que aumentan hacia el tope en algunas capas. Esta secuencia basal presenta una ligera discordancia angular con el miembro superior, el cual está compuesto por areniscas y conglomerados de color rojo, en capas macizas, con algunas intercalaciones de lodolitas y lutitas en capas delgadas. La secuencia de areniscas rojas configura, morfológicamente, una cadena de cerros prominentes alineados según el rumbo de las capas.



*Figura N° 6. Zona de contacto entre areniscas rojizas y margas. Vista NW.  
Fuente: Propia.*

#### **2.4.1.2. Geología Estructural**

A nivel regional, se puede observar los movimientos tectónicos andinos, los que han sido en algunos sectores de mayor intensidad que en otros. Es así que las ondulaciones suaves de

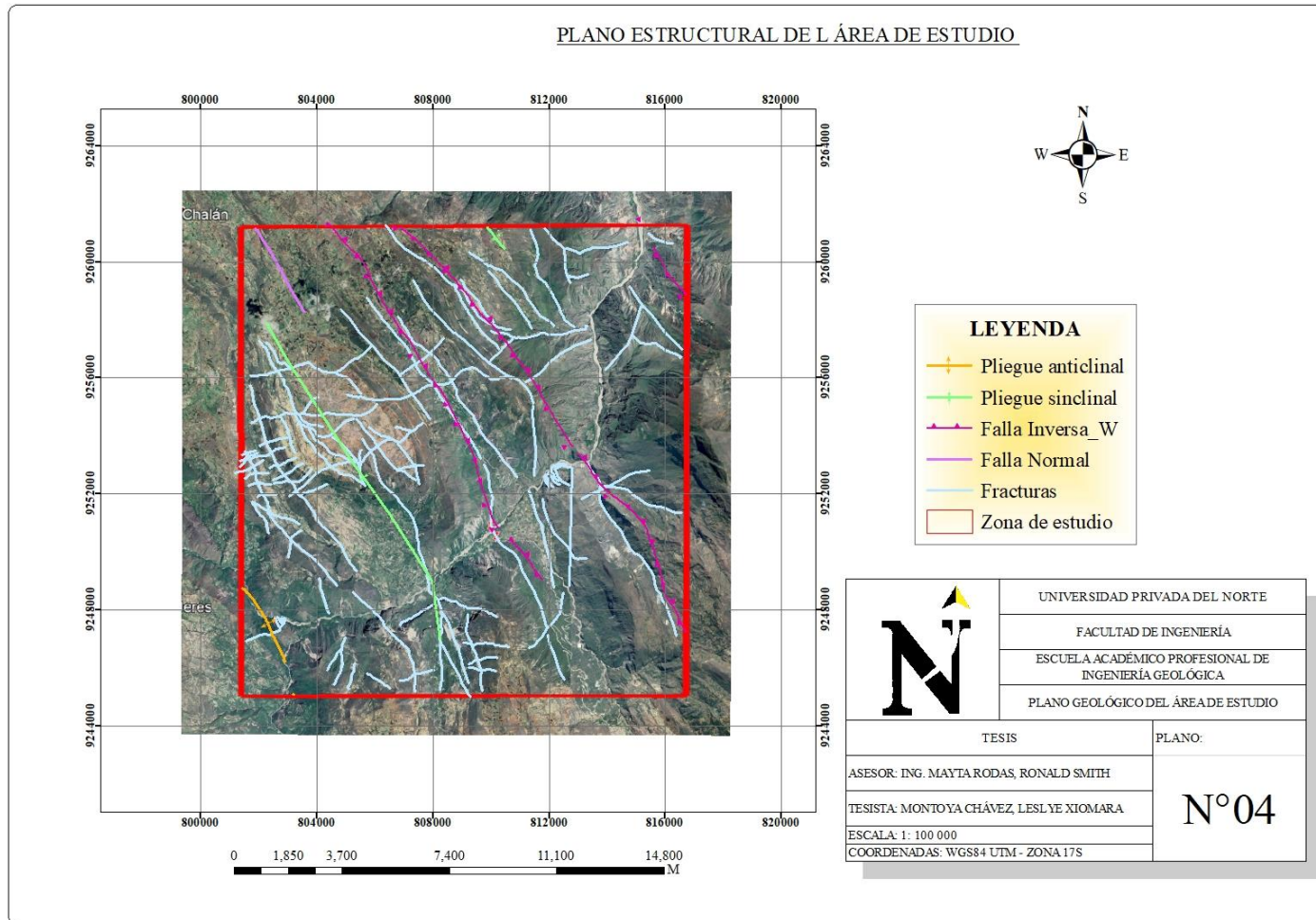
algunos niveles estratigráficos pasan a ser estructuras principales, en el área de estudio se evidencian principalmente eventos de tipo compresivo. Estas fases de deformación están evidenciadas por plegamientos, fracturamiento de las rocas estratificadas entre otros, entre otros.

Por otra parte, la geología estructural finalmente define las zonas donde los plegamientos superaron los límites de elasticidad de las rocas y terminaron fracturando y fallando, estas zonas hidrológicamente funcionan como zonas de recarga de los acuíferos como se puede apreciar en la figura N°28. En la zona de investigación podemos encontrar anticlinales y sinclinales como principales estructuras, con fracturas y fallas de nivel local y regional encontrándose estas en dirección andina NW - SE y perpendiculares a la dirección de los principales esfuerzos los cuales se encuentran con dirección NE - SW.

### **Fallas**

El área presenta deformación frágil evidenciada por la presencia de fallas inversas originadas por fuerzas compresivas efectuadas durante el levantamiento de los andes (fase Inca), siguiendo el rumbo del alineamiento andino.





*Figura N° 7.* Fallas y fracturas inferidas, en la zona de estudio, mostrando un intenso tectonismo que contribuye a la infiltración del agua superficial hacia los acuíferos, siendo esta la vía de comunicación entre el agua superficial y subterránea.  
 Fuente: Propia.

Por otra parte, las fracturas y fallas locales presentes en el área circundante a la falla inversa, estas presentan una disposición perpendicular a la misma, la gran mayoría en contacto con el fallamiento regional poseen aberturas de más de un metro.



*Figura N° 8. Zona de fracturas, vista NW.*  
Fuente: Propia.

### **Plegamientos**

Se presentan plegamientos intensos con la formación final de anticlinales y sinclinales que muestran una alineación NW - SE evidenciando los esfuerzos que priman en dirección NE - SW que son los causantes de tal deformación, que representa la deformación dúctil.



*Figura N° 9.* Pliegues representativos de la zona, vista NE.  
Fuente: Propia.

#### **2.4.1.3. Unidades morfológicas**

Según Rodríguez, (2016), clasifica las unidades Morfo genéticas como: planicies, lomadas, laderas y escarpas según se muestra.

- Planicie de  $0^{\circ}$  -  $8^{\circ}$
- Lomada de  $8^{\circ}$  -  $20^{\circ}$
- Ladera  $20^{\circ}$  -  $50^{\circ}$
- Escarpas  $50^{\circ}$  -  $>$

Las unidades geomorfológicas nos muestran que el 54% del área de investigación está conformada por lomadas con una pendiente entre  $8^{\circ}$  y  $20^{\circ}$ , seguido de laderas con un 29% del área total con una pendiente entre  $20^{\circ}$  y  $50^{\circ}$ , y un 10% de Planicie con una pendiente entre  $0^{\circ}$  y  $8^{\circ}$ , y las unidades con menos extensión son las escarpas 7% del área, siendo una cifra importante debido a que representan pendientes sobre los  $50^{\circ}$ .

#### **Planicies**

Las planicies en la zona de investigación están determinadas como superficies homogéneas, con pequeñas ondulaciones y suave pendiente que varía entre los  $0^{\circ}$  a  $8^{\circ}$  y están distribuidas



en mayor extensión en la zona Noroeste del área de investigación y estas áreas están distribuidas a lo largo de los cauces de los ríos y quebradas relacionadas con depósitos aluviales y fluvio-aluviales. Estas áreas son destinadas a actividades agrícolas y ganaderas de los pobladores.



*Figura N° 10.* Planicies del área de estudio. Vista N.  
Fuente: Propia.

### **Lomadas**

Las lomadas o colinas presentan un relieve con geo formas de tendencia domica con pendientes suaves que está entre los 8° a 20° y deben estar por debajo de los 200 metros, en el área de investigación lo encontramos a lo largo del río La Yanga. Estas áreas están destinadas a la agricultura y ganadería.





*Figura N° 11.* Lomadas del área de estudio. Vista NW.  
Fuente: Propia.

### **Laderas**

Son geoformas inclinadas de una cadena montañosa en el área de investigación lo encontramos distribuidas hacia el norte la zona de estudio y en la intersección de las quebradas, estas unidades geomorfológicas están desde los 300 hasta 500 de altitud y están determinadas por pendientes entre los 20° a 50°. Donde se logra identificar la mayoría de estas unidades geomorfológicas.



*Figura N° 12.* Laderas del área de estudio, vista N.  
Fuente: Propia.

### **Escarpas**

Según Reinaldo (2012). Estas geoformas se encuentran con pendientes superiores a los 50°. En el área de investigación esta geoformas lo encontramos formando las caras empinadas de los cerros, distribuidas por el centro del área de investigación.



*Figura N° 13.* Escarpas del área de estudio, vista NE.  
Fuente: Propia.

#### **2.4.2. Clima**

El clima que caracteriza al valle es eminentemente cálido, la temperatura varía entre 20 grados centígrados y 40 al medio día de sol intenso; es un clima benigno para la producción agrícola y también pecuaria. Las lluvias no difieren de las que ocurren en la región quechua, de acuerdo a las estaciones y característica del año.

Esta zona se caracteriza por presentar 3 periodos de precipitaciones los cuales son: Uno lluvioso en los meses de diciembre-marzo, otro período intermedio entre los meses de abril, septiembre, octubre y noviembre y un período seco en los meses de mayo-agosto.

- Ligera.....menor a 2.5 mm<sup>3</sup>/h.
- Moderada..... de 2.5 a 7.6 mm<sup>3</sup>/h.
- Fuerte.....mayor a 7.6 mm<sup>3</sup>/h.

#### **2.4.3. Flora**

La vegetación natural que cubre partes importantes de la superficie del contorno físico se caracteriza por su biodiversidad debido a la transición entre la composición tropical de las especies que se encuentran en la parte baja y las especies variadas en la parte jalca; no obstante, el paisaje arbóreo es poco crecido y de mínima extensión, probablemente por el carácter rocoso del terreno, donde las tierras y chacras para cultivos son pocas y estacionales. Entre las especies arbóreas más importantes, se destacan las siguientes variedades: huarango, molle, yanaquero, chamana, aluche, tunshe, pájaro bobo y otros.

#### 2.4.4. Ubicación Geográfica

Geográficamente la zona de estudio se encuentra al NW del distrito de Celendín, provincia que pertenece al departamento de Celendín en la zona 14G Norte del Perú.

Políticamente la zona de estudio se encuentra en el Departamento de Cajamarca, Provincia de Celendín, Distrito de Celendín.

Tabla N°3

*Coordenadas UTM WGS-84 de la zona de estudio.*

VÉRTICE	ESTE	NORTE
1	801443	9261163
2	816759	9261223
3	816715	9245043
4	801444	9245035

Fuente: Propia.



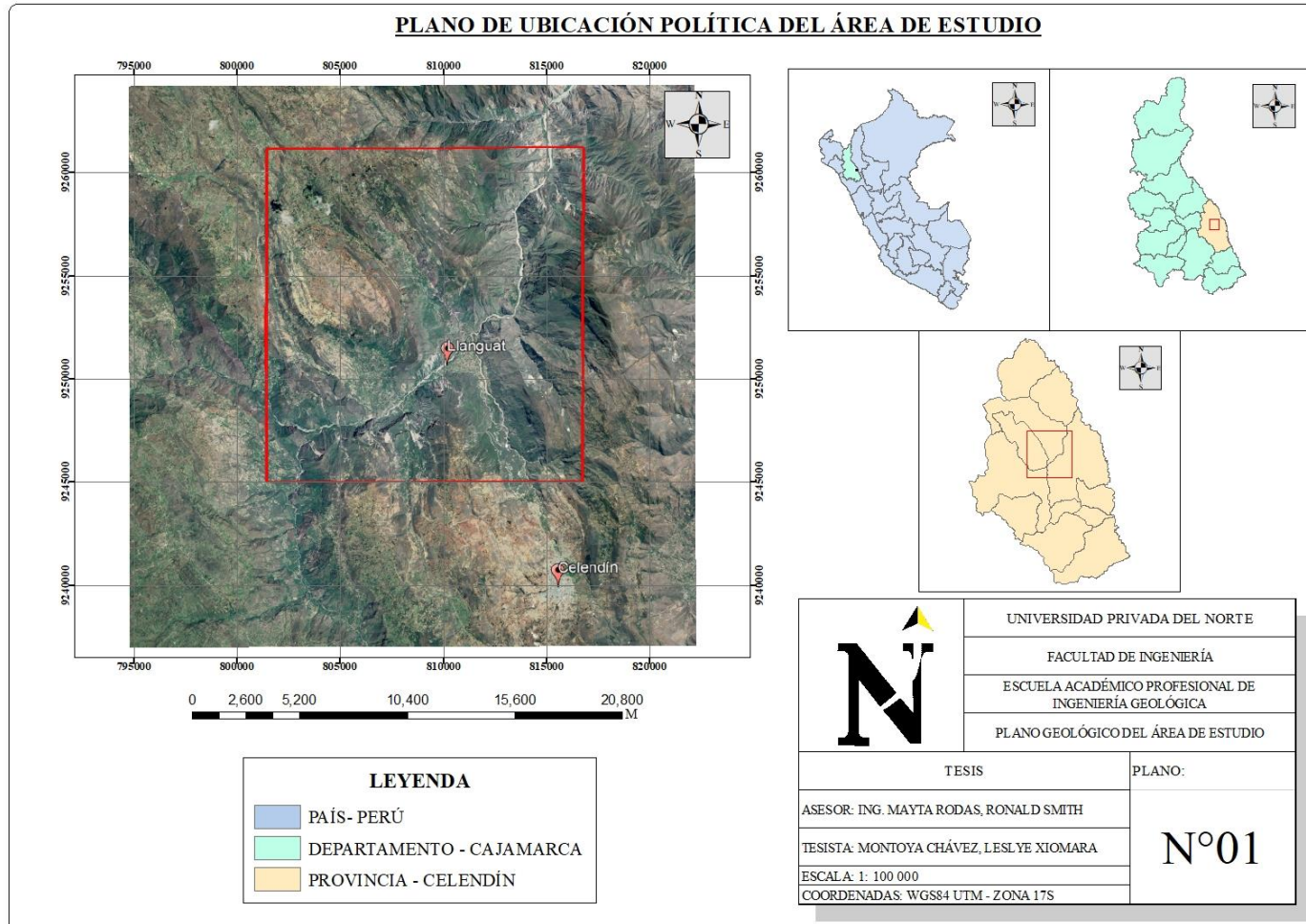


Figura N° 14. Plano de ubicación del área de estudio.  
 Fuente: Propia.

#### 2.4.5. Accesibilidad

Para que se pueda llegar a la zona, es muy sencillo y fácil. Se puede acceder desde Cajamarca, por la vía de Cajamarca – Celendín, luego de Celendín - Valle de Llanguat, por una trocha, la cual nos lleva directo al sitio de estudio ya que queda muy cerca de la trocha. Aproximadamente el viaje desde la ciudad de Cajamarca es de 3 h 10 min es lo que se demora en llegar a través de un vehículo.

Tabla N°4

*Accesos a la zona de investigación.*

TRAMO	TIEMPO	TIPO
Cajamarca – Celendín	2h 20min. Aprox	Asfaltada
Celendín – Llanguat	50 min. Aprox	Trocha

Fuente: Propia.

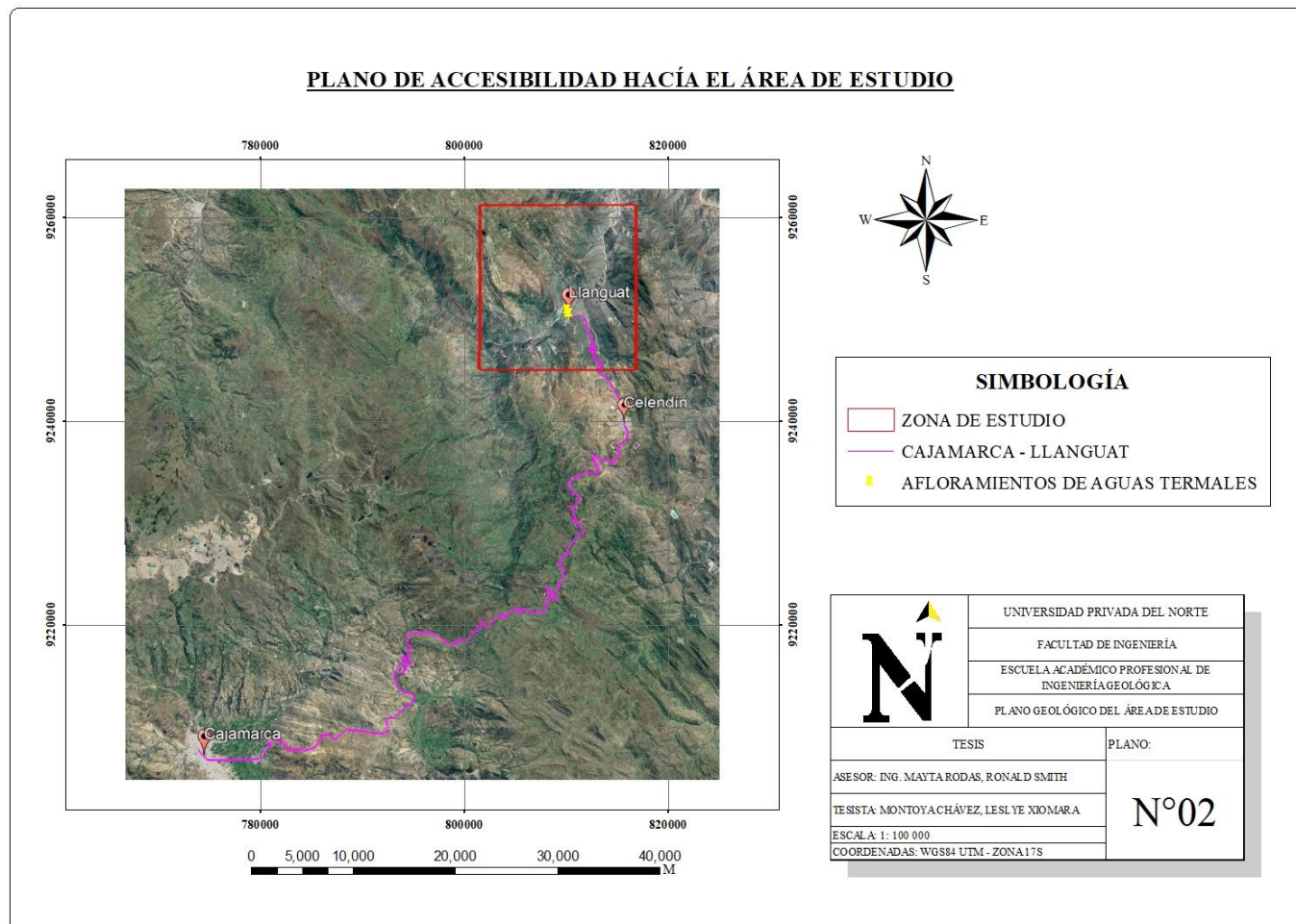


Figura N° 15. Plano de accesibilidad hacia la zona de estudio.  
 Fuente: Propia.

## 2.5. Procedimiento

Para la elaboración de este proyecto, se ejecutaron 3 etapas básicas, las cuales están clasificadas en: etapa de pre campo, etapa de campo y etapa de pos campo.

### 2.5.1. Etapa de pre campo

En esta etapa se realizó la revisión, selección y recopilación de información, considerando otras tesis como antecedentes, teorías y revistas relacionadas a las palabras clave de la investigación. Se seleccionaron 9 documentos de las siguientes fuentes que se presentan en la tabla 3.

Tabla N° 5  
Número de artículos utilizados

Fuente	Número de Artículos
Google Académico	6
Redalyc	2
Ebsco	1

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Los criterios de selección y depuración de bibliografía se hicieron de acuerdo al tiempo, no mayor a cinco años, palabras clave.

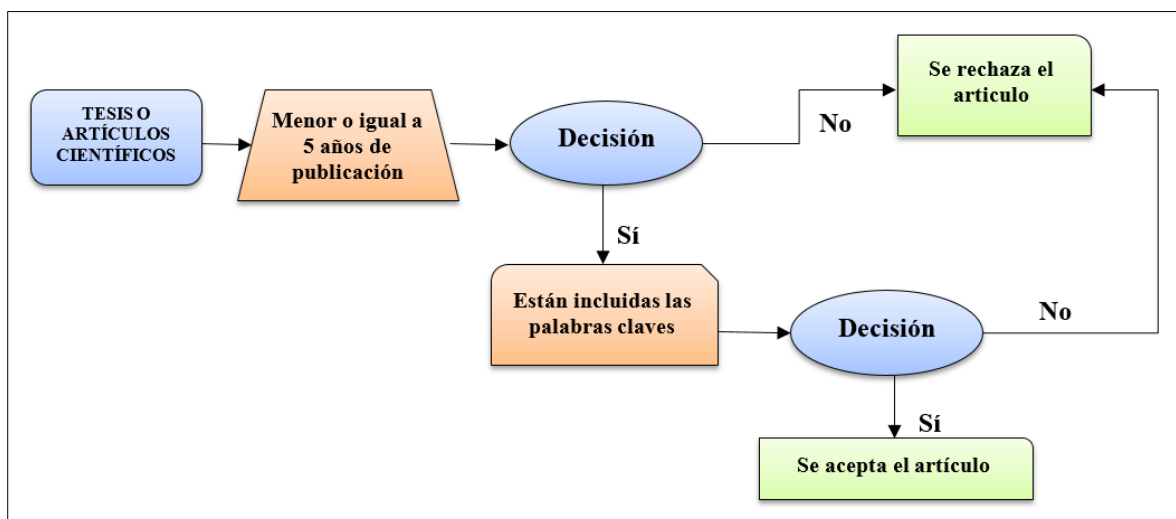


Figura N° 16. Criterio de selección.

Fuente: Elaboración propia.



### 2.5.2. Etapa de campo

En la etapa de campo se procedió a la toma de dos (02) muestras de los afloramientos más representativos de las aguas termales del Valle de Llanguat, siguiendo las indicaciones del laboratorio y respetando los protocolos de recolección de aguas y de ese modo no contaminarlas. Cabe recalcar que antes de recibir el material se especificó que se tomarían muestras de agua termal por lo que los materiales son resistentes a altas temperaturas.

El material de muestreo al ser proporcionado por el laboratorio, se aseguran de que los frascos retornen conforme al laboratorio; por lo qué, los más frágiles son envueltos en film alveolar.



*Figura N° 17. Material de muestreo.*  
Fuente: Propia 2021.



*Figura N° 18.* Recolección de muestras en el Valle de Llanguat.  
Fuente: Propia 2021.

En la figura N°18 se observa que antes de realizar la toma de muestras y evitar la contaminación de ellas, se utilizaron guantes quirúrgicos desechables por cada afloramiento de agua visitado.



*Figura N° 19.* Recolección de muestras en el Valle de Llanguat.  
Fuente: Propia 2021.

En la figura N°19 se procedió a recolectar las muestras de agua. Por cada frasco se recogió agua cinco (5) veces y fue expulsada, esto con la intención de contaminar los recipientes esterilizados y así la muestra al ser analizada muestre los componentes químicos en cantidades reales a como se encuentran en el medio ambiente.



*Figura N° 20.* Recolección de muestras en el Valle de Llanguat.  
Fuente: Propia 2021.

En la figura N°20 se aprecia el sellado de los frascos luego de recolectar las muestras de agua, teniendo en cuenta que el agua debe estar lleno en el frasco.





*Figura N° 21.* Recolección de muestras en el Valle de Llanguat.  
Fuente: Propia 2021.

En la figura N°21 se envuelven nuevamente los frascos frágiles en film alveolar para que al retorno no se maltraten entre sí con los demás recipientes.



*Figura N° 22.* Recolección de muestras en el Valle de Llanguat.  
Fuente: Propia 2021.

En la figura N°22 se procede a codificar cada frasco, se tiene tres (3) frascos por cada afloramiento, por lo que la codificación debe ser diferentes en cada punto.





*Figura N° 23.* Recolección de muestras en el Valle de Llanguat.  
Fuente: Propia 2021.

En la figura N°23 se concluyó la toma de muestras que irán a laboratorio.



*Figura N° 24.* Muestreo de aguas termales en el Valle de Llanguat.  
Fuente: Propia 2021.

En la figura N°24 se procedió a la toma de datos con dos medidores multiparámetros, respecto a la temperatura, conductividad eléctrica y pH.





*Figura N° 25.* Muestreo de aguas termales en el Valle de Llanguat.

Fuente: Propia.

En la figura N°25, se procedió a la toma de datos in situ, de la misma manera que en los ensayos de laboratorio, se enjuaga el recipiente que contendrá las muestras de agua hasta ser analizadas, el nivel del agua son 5 cm desde la base del recipiente.



*Figura N° 26.* Muestreo de aguas termales en el Valle de Llanguat.

Fuente: Propia.

En la figura N°26, se están ingresando los medidores al recipiente para así esperar que los valores se estabilicen y se proceda a la toma de datos. Este procedimiento se repitió cinco (5) veces para así obtener un promedio siendo este el más representativo del afloramiento de agua.

Todos estos ensayos ayudaran a definir influencia de las características litológicas en la composición fisicoquímica de las aguas termales en el Valle de Llanguat.

### **2.5.3. Etapa pos campo**

El trabajo en gabinete inició siete (7) días hábiles de haber enviado las muestras al laboratorio, para llevarlo a cabo se utilizaron las siguientes herramientas:

- QGIS 3.16, software permiten realizar trabajo mediante SIG, utilizado para la elaboración de planos.
- Google Earth Pro, software informático que permite visualizar múltiple cartografía, basado en imágenes satelitales, utilizado para obtener una vista macroscópica de nuestra área de estudio.
- Global Mapper 18, software de procesamiento de datos SIG, utilizado para generar las curvas de nivel.
- Carta geológica del INGEMMET (14g), esta nos sirvió para tener una referencia macroscópica sobre la geología del área de estudio.
- Easy\_quim v5.0 (2012) y Diagrammes, proporcionan un panorama sobre el origen del agua, su calidad y los principales factores relacionados al flujo y geología que determinan las concentraciones de sus componentes, las clasificaciones que se utilizarán en este proyecto son por: iones dominantes y por dureza.

- D.S. N°004-2017 MINAM, contiene los Estándares Calidad de Agua para así se verifique que las aguas se encuentran dentro de estos estándares, cabe resaltar que estos ECA son para aguas de consumo humano y recreativas; más no para aguas subterráneas. (Ver. Anexo N°3)

### 2.5.3.1. Procesamiento de datos

La representación gráfica de los datos hidrogeoquímicos constituye una herramienta de trabajo muy eficiente en la interpretación de las propiedades de un agua, así como para hacer comparaciones. también permite ver con facilidad el comportamiento y evolución de un agua en un territorio determinado y a través del tiempo (Facundo 1996).

Entre los métodos gráficos más utilizados se destacan los siguientes: diagrama de barra, diagrama circular, diagrama de Stiff, diagrama triangular, diagrama vertical. (Reyes ,2015).

**Diagrama de Piper.** Consiste en dos campos triangulares en los que se representan los aniones y los cationes por separado, además de un rombo. En este los valores de cada eje corresponden al porcentaje que representa la especie en la suma total de cationes y aniones. En el campo de los cationes se representan el  $Mg^{2+}$  y el  $Ca^{2+}$  por separado.

El  $Na^{+}$  y el  $K^{+}$  se presentan agrupados. En el campo de los aniones se representan el  $Cl^{-}$  el  $SO_4^{2-}$  por separado.

El Carbono inorgánico (alcalinidad) se presenta agrupado como  $HCO_3^{-}+CO_3^{2-}$ , los datos de partida deben ser meq/L de cada ión, y es preciso calcular los porcentajes, considerando separadamente:



Cationes = 100 (para el triángulo izquierdo)

Aniones = 100 (para el triángulo derecho).

Posterior a su ubicación en cada campo, los puntos se proyectan hacia el rombo hasta donde e intersecten las líneas de proyección. (Sánchez,2011).

Los resultados de laboratorio fueron tratados en dos softwares geoquímicos que proporcionan un panorama sobre el origen del agua, su calidad y los principales factores relacionados al flujo y geología que determinan las concentraciones de sus componentes, mostrando resultados con autores reconocidos.

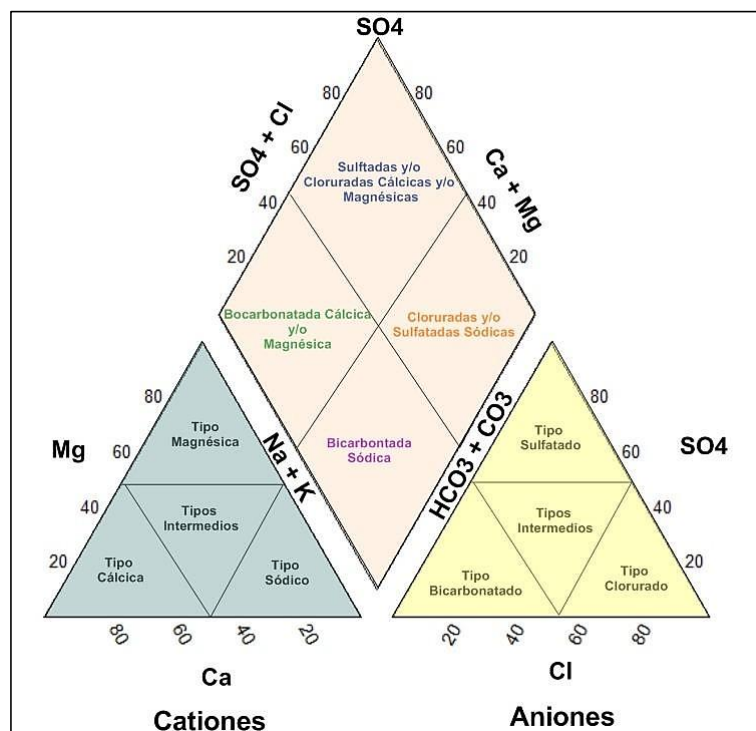


Figura N° 27. Facies del Diagrama triangular de Piper.

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

**Diagrama de Scholler Bekford.** Presenta en el eje horizontal a las especies iónicas y en el vertical una escala logarítmica en la que se representan los eq-gr de cada ion. Para graficar la concentración de cada ion se emplearía la expresión:

$$z = \log[Y]$$

Dónde:

[X]: concentración de la especie iónica X en meq-gr/L.

El diagrama permite la superposición de los análisis y por lo tanto comparar variaciones de la composición química entre muestras. (Giahatari, s.f.).

**Diagrama de Stiff.** Son polígonos (uno para cada análisis) que normalmente se situarán sobre un mapa para mostrar la distribución geográfica de la composición de las aguas. En su forma más sencilla (y mejor) se forman con 3 ejes paralelos hacia la izquierda (cationes) y otros tres hacia la derecha (aniones). La distancia entre los ejes horizontales es arbitraria, simplemente estética, y la escala elegida en horizontal (1,2, 3, o bien 5, 10, 15,) dependerá de la salinidad de las aguas de la región estudiada. La longitud y escala se establecerán a partir del análisis de concentraciones más elevadas. Se sitúan las concentraciones en cada uno de los seis ejes (en meq/L) y después se unen formando un polígono. (Sánchez,2011).

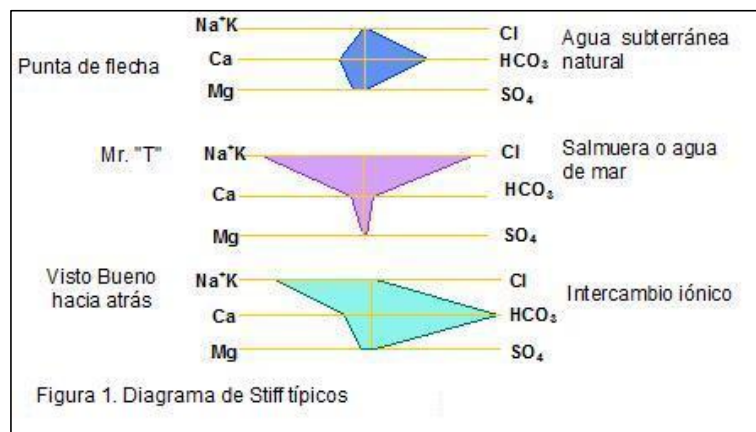


Figura N° 28. Diagrama de Stiff.

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

## Tratamiento de datos en Easy\_quim v5

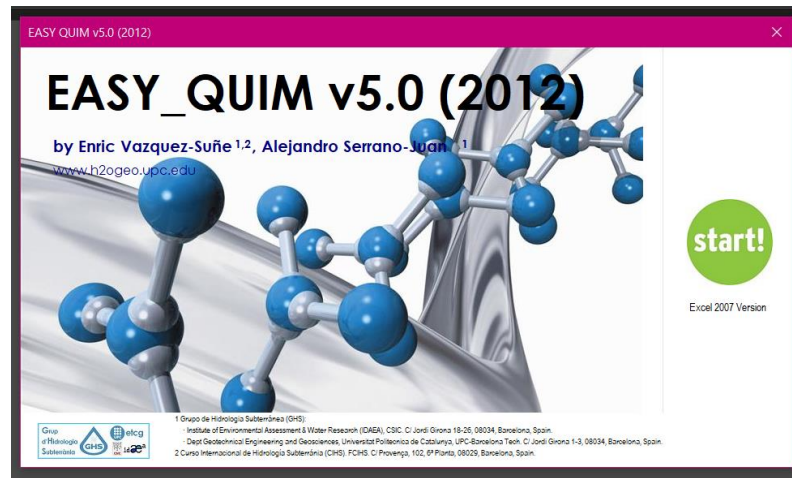


Figura N° 29. Interfaz de bienvenida a Easy\_quim.  
Fuente: Propia.

Date	3-Feb-21	3-Feb-21
<b>SAMPLE</b>	<b>L01</b>	<b>L02</b>
<b>Coord X</b>	<b>809650</b>	<b>810057</b>
<b>Coord Y</b>	<b>9251038</b>	<b>9250714</b>
<b>CE (uS/cm)</b>	1054.00	1067.00
<b>TEMP (°C)</b>	46.7	47.1
<b>pH</b>	5.80	5.90
<b>TAC (mg/L CaCO3)</b>	196.40	197.60
<b>DUR (mg/L CaCO3)</b>	198.90	231.60
<b>TSD (mg/L)</b>	714.00	728.00
<i>Act'</i>		
<b>Anion</b>	mg/L	mg/L
<b>HCO3-</b>	<b>196.4</b>	<b>197.6</b>
<b>SO4=</b>	<b>132.8</b>	<b>154.2</b>
<b>Cl-</b>	<b>154.3</b>	<b>138</b>
<b>NO3-</b>	<b>0.900</b>	<b>1.158</b>
sum aniones	484.4	490.958
<b>Cation</b>	mg/L	mg/L
<b>Na+</b>	<b>97.84</b>	<b>96.82</b>
<b>K+</b>	<b>20.58</b>	<b>22.21</b>
<b>Ca++</b>	<b>51.52</b>	<b>59.67</b>
<b>Mg++</b>	<b>16.91</b>	<b>20.12</b>
sum cationes	186.85	198.82
	mg/L	mg/L
<b>NH4+</b>		
<i>Act'</i>		

EASY_QUIM v5.0 (2012)	
<b>INPUT</b>	<b>OUTPUT</b>
Analysis Title	
LLANGUAT	
Analysis Date, Ref...	
3 DE FEBRERO DEL 2021	
Number of analysis to be stored:	2
<b>Enter your data</b>	

Figura N° 30. Llenado de datos generales a la izquierda y datos específicos a la derecha (datos de laboratorio).  
Fuente: propia.

## Tratamiento de datos en Diagrammes

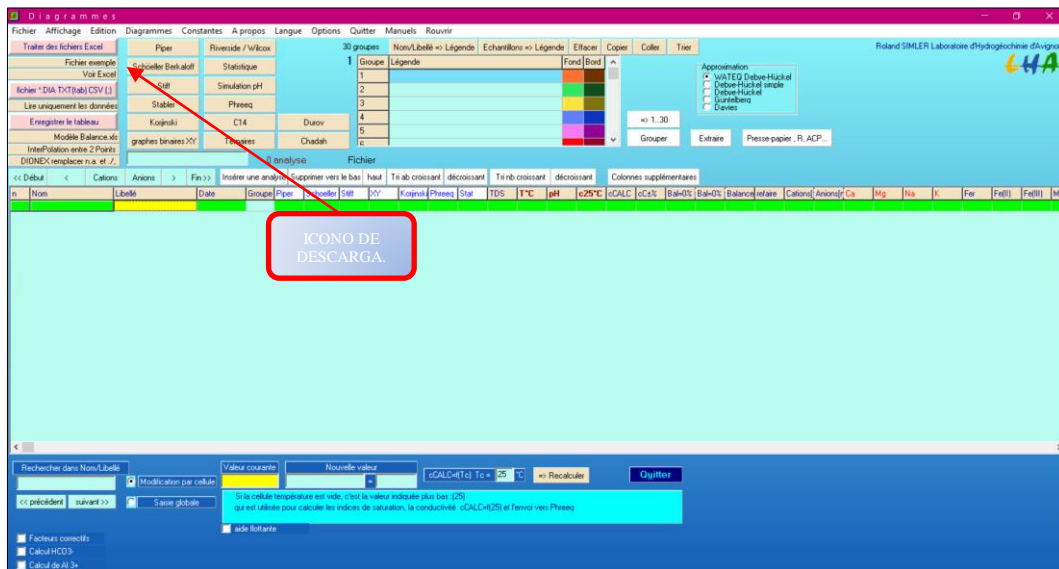
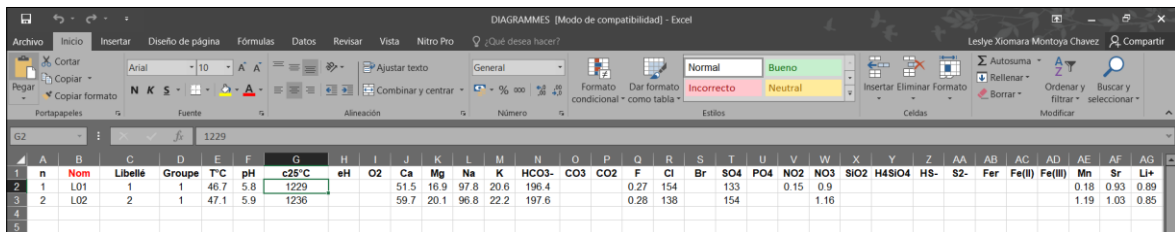


Figura N° 31. Interfaz de bienvenida a Diagrammes.  
Fuente: Propia.

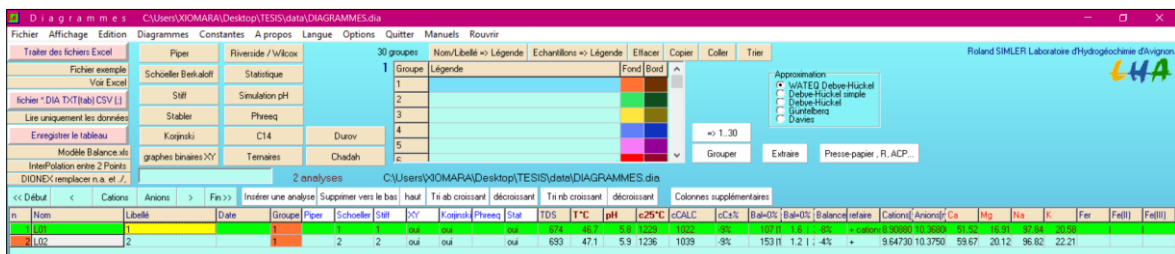
El procesamiento de datos en este software, inicia descargando el formato en Excel que nos proporciona.



n	Nom	Libelle	Grroupe	T°C	pH	c25°C	eH	O2	Ca	Mg	Na	K	HCO3-	CO3	CO2	F	Cl	Br	SO4	PO4	NO2	NO3	SiO2	H4SiO4	HS-	S2-	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
1	L01	1	1	46.7	5.8	1229			51.5	16.9	97.8	20.6	196.4		0.27	154		133		0.15	0.9										0.18	0.93	0.89
2	L02	2	1	47.1	5.9	1236			59.7	20.1	96.8	22.2	197.6		0.28	138		154			1.16									1.19	1.03	0.85	

Figura N° 32. Formato Excel de Diagrammes.  
Fuente: Propia.

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



n	Nom	Libelle	Date	Grroupe	Piper	Schoeller	SWF	XY	Kojinski	Phreeqc	Star	TDS	T°C	pH	c25°C	cCALC	cCa%	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr	Ba+Sr		
1	L01	1		1								639	47.1	5.9	1236	1039	9%	153.11	1.2	1.4%															
2	L02	2		2								639	47.1	5.9	1236	1039	9%	153.11	1.2	1.4%															

Figura N° 33. Interfaz Diagrammes, lista para ser procesada.  
Fuente: Propia.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS

### 3.1. Tratamiento, Análisis de resultados y presentación de resultados

En cada punto de muestreo se tomaron los parámetros físicos como la temperatura y conductividad, además de ello el recojo de aguas para su análisis físico, químico y biológico en el Laboratorio Regional del Agua - Cajamarca.

#### 3.1.1. Análisis químico, fisicoquímico y microbiológico

El análisis, consistió en determinar las concentraciones de fluoruro, cloruro, nitrito, bromuro, nitrato, sulfato, fosfato, sólidos totales disueltos, dureza total, alcalinidad total, pH, temperatura, conductividad, bicarbonatos y metales disueltos de las muestras de agua. Los resultados de laboratorio son los siguientes:

Tabla N°6

*Resultados químicos de las muestras de agua.*

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - CAJAMARCA			
MUESTRAS		L01	L02
Parámetro	Unidad	Resultados de Metales Disueltos	
Plata (Ag)	mg/L	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	<LCM	<LCM
Arsénico	mg/L	0.157	0.236
Boro (B)	mg/L	3.853	3.584
Bario (Ba)	mg/L	0.073	0.065
Berilio (Be)	mg/L	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	mg/L	51.52	59.67
Cadmio (Cd)	mg/L	<LCM	<LCM
Cobalto (Co)	mg/L	<LCM	<LCM
Cromo (Cr)	mg/L	<LCM	<LCM
Cobre (Cu)	mg/L	<LCM	<LCM
Hierro (Fe)	mg/L	2.557	2.361
Potasio (K)	mg/L	20.58	22.21
Litio (Li)	mg/L	0.889	0.852
Magnesio (Mg)	mg/L	16.91	20.12
Manganeso (Mn)	mg/L	0.180	0.193
Molibdeno (Mo)	mg/L	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	mg/L	97.84	96.82

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

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA -CAJAMARCA			
MUESTRAS		L1	L2
Parámetro	Unidad	Resultados de Metales Disueltos	
Niquel (Ni)	mg/L	<LCM	<LCM
Fósforo (P)	mg/L	0.041	<LCM
Plomo (Pb)	mg/L	<LCM	<LCM
Azufre (S)	mg/L	45.31	51.62
Antimonio (Sb)	mg/L	0.041	0.044
Selenio (Se)	mg/L	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	mg/L	12.59	13.63
Estroncio (Sr)	mg/L	0.933	1.031
Titanio (Ti)	mg/L	<LCM	<LCM
Talio (Tl)	mg/L	<LCM	<LCM
Uranio (U)	mg/L	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/L	<LCM	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	<LCM	<LCM
Cerio	mg/L	<LCM	<LCM
Estaño (Sn)	mg/L	0.011	0.008

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

Fuente: Laboratorio Regional del Agua - Cajamarca.

Tabla N°7

Resultados fisicoquímicos de las muestras de agua.

Parámetro	Unidad	Resultados	
Fluoruro (F-)	mg/L	0.266	0.276
Cloruro (Cl -)	mg/L	154.3	138.0
- Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	0.146	<LCM
Bromuro (Br-)	mg/L	<LCM	<LCM
-Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0.900	1.158
=Sulfato (SO <sub>4</sub> )	mg/L	132.8	154.2
=Fosfato (PO <sub>4</sub> )	mg/L	<LCM	<LCM
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	714.0	728.0
Dureza Total	mg/L	198.9	231.6
Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> )	mg CaCO <sub>3</sub> /L	196.4	197.6
pH a 25°C	pH	8.1	8.3
Conductividad a 25°	uS/cm	1229.0	1236.0
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> -)	mg/L	196.4	197.6

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

Fuente: Laboratorio Regional del Agua - Cajamarca.

Tabla N°8

*Resultados microbiológicos de las muestras de agua.*

Parámetro	Unidad	Resultados	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	27	94

Fuente: Laboratorio Regional del Agua - Cajamarca.

Los resultados obtenidos según los parámetros químicos, fisicoquímicos y microbiológicos, se contrastaron con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) actualizado el 17 de junio del 2017, mediante Decreto Supremo N°004-2017- MINAM, esto con la finalidad de obtener anomalías químicas, fisicoquímicas y de esta manera se corroboren los datos procesados en Easy\_quim y Diagrammes; además de, verificar que los resultados microbiológicos se encuentren dentro de los ECA.

Cabe resaltar que los ECA utilizados para este análisis se encuentran en la Categoría B1 (Aguas superficiales destinadas a la recreación, con contacto primario); ya que, lamentablemente no se cuenta con ECA para aguas subterráneas.

Tabla N°9

*Contraste de parámetros químicos, físicos y microbiológicos.*

PARÁMETROS	Resultados de laboratorio L01 en mg/L	Resultados de laboratorio L02 en mg/L	ECA-DS N°004-2017 B1 Contacto Primario en mg/L	Contraste entre los resultados de laboratorio y los ECA	
				L01	L02
Plata (Ag) en mg/L	<LCM	<LCM	0.01		
Aluminio (Al) en mg/L	<LCM	<LCM	0.2		
Arsénico (As) en mg/L	0.157	0.236	0.01	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Boro (B) en mg/L	3.853	3.584	0.5	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Bario (Ba) en mg/L	0.073	0.065	0.7	CUMPLE	CUMPLE
Berilio (Be) en mg/L	<LCM	<LCM	0.04		
Bismuto (Bi) en mg/L	<LCM	<LCM	*		
Calcio (Ca) en mg/L	51.52	59.67	*		
Cadmio (Cd) en mg/L	<LCM	<LCM	0.01		
Cobalto (Co) en mg/L	<LCM	<LCM	*		
Cromo VI (Cr) en mg/L	<LCM	<LCM	0.05		
Cobre (Cu) en mg/L	<LCM	<LCM	2		
Hierro (Fe) en mg/L	2.557	2.361	0.3	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Potasio (K) en mg/L	20.58	22.21	*		
Litio (Li) en mg/L	0.889	0.852	*		
Magnesio (Mg) en mg/L	16.91	20.12	*		

LEYENDA: LCM: Límite de cuantificación del método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas).

(\*): Significa que no hay valores contemplados para ese parámetro dentro de los Estándares de Calidad Ambiental del DS. N°004-2017-MINAM.



PARÁMETROS	Resultados de laboratorio L01 en mg/L	Resultados de laboratorio L02 en mg/L	ECA-DS N°004-2017 B1 Contacto Primario en mg/L	Contraste entre los resultados de laboratorio y los ECA	
				L01	L02
Manganeso (Mn) en mg/L	0.180	0.193	0.1	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Molibdeno (Mo) en mg/L	<LCM	<LCM	*		
Sodio (Na) en mg/L	97.84	96.82	*		
Niquel (Ni) en mg/L	<LCM	<LCM	0.02		
Fósforo (P) en mg/L	0.041	<LCM	*		
Plomo (Pb) en mg/L	<LCM	<LCM	0.01		
Azufre (S) en mg/L	45.31	51.62	*		
Antimonio (Sb) en mg/L	0.041	0.044	0.006	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Selenio (Se) en mg/L	<LCM	<LCM	0.01		
Silicio (Si) en mg/L	12.59	13.63	*		
Estroncio (Sr) en mg/L	0.933	1.031	*		
Titanio (Ti) en mg/L	<LCM	<LCM	*		
Talio (Tl) en mg/L	<LCM	<LCM	*		
Uranio (U) en mg/L	<LCM	<LCM	0.02		
Vanadio (V) en mg/L	<LCM	<LCM	0.1		
Zinc (Zn) en mg/L	<LCM	<LCM	3		
Cerio (Ce) en mg/L	<LCM	<LCM	*		
Estaño (Sn) en mg/L	0.011	0.008	*		

LEYENDA: LCM: Límite de cuantificación del método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas).

(\*): Significa que no hay valores contemplados para ese parámetro dentro de los Estándares de Calidad Ambiental del DS. N°004-2017-MINAM.

PARÁMETROS	Resultados de laboratorio L01 en mg/L	Resultados de laboratorio L02 en mg/L	ECA-DS N°004-2017 B1 Contacto Primario en mg/L	Contraste entre los resultados de laboratorio y los ECA	
				L01	L02
Fluoruro (F-) en mg/L	0.266	0.276	*		
Cloruro (Cl-) en mg/L	154.3	138.0	*		
-Nitrito (NO <sub>2</sub> ) en mg/L	0.146	<LCM	1.000	CUMPLE	
Bromuro (Br-) en mg/L	<LCM	<LCM	*		
-Nitrato (NO <sub>3</sub> ) en mg/L	0.900	1.158	10.000	CUMPLE	CUMPLE
=Sulfato (SO <sub>4</sub> ) en mg/L	132.8	154.2	0.05	NO CUMPLE	NO CUMPLE
=Fosfato (PO <sub>4</sub> ) en mg/L	<LCM	<LCM	*		
Sólidos Disueltos Totales en mg/L	714.0	728.0	*		
Dureza Total en mg/L	198.9	231.6	*		
Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> ) en mg CaCO <sub>3</sub> /L	196.4	197.6	*		
pH a 25°C	8.1	8.3	6.0 - 9.0	CUMPLE	CUMPLE
Conductividad a 25° en uS/cm	1229.0	1236.0	*		
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) en mg/L	196.4	197.6	*		
Coliformes Termotolerantes, en NMP/100mL	27	94	200.0	CUMPLE	CUMPLE

LEYENDA: LCM: Límite de cuantificación del método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas).

(\*): Significa que no hay valores contemplados para ese parámetro dentro de los Estándares de Calidad Ambiental del DS. N°004-2017-MINAM.

Fuente: Propia.

La tabla N°9, muestra el contraste de parámetros químicos entre los ECA y los resultados obtenidos en laboratorio, las anomalías que presentan los afloramientos termales son excedentes de arsénico, antimonio, hierro, manganeso, boro y sulfatos.

La presencia de los primeros 3 (arsénico, antimonio, hierro) indican presencia de sulfuros en cantidades altas que podrían dar un rasgo característico al tipo de aguas en las que nos encontramos, se podría inferir que estamos frente a la presencia de aguas sulfatadas.

El manganeso se halla en forma de silicato o carbonato, indicador de que ha circulado por un ambiente carbonatado, siendo esto parte del Cretáceo Superior quién aflora en nuestra zona de estudio.

La presencia de boro procede de la alteración de las rocas ígneas, considerando que dichos afloramientos de roca no se han visto en la superficie no se descarta que en profundidad estén presentes en contacto con las rocas sedimentarias y sean los responsables del valor alto de boro.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, el excedente de sulfatos contenidos en las muestras de las aguas termales es debido a la oxidación de rocas ígneas y sedimentarias; así como también, de la descomposición de sustancias orgánicas.

Como último en referencia a los parámetros microbiológicos, el parámetro de Coliformes Termotolerantes se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental establecidos, confirmando con esto la buena calidad de aguas.

Tabla N°10  
*Resultados obtenidos in situ.*

Parámetros	Unidad	Resultados	
		L01	L02
pH	pH	5.8	5.9
Temperatura	°C	46.7	47.1
Conductividad eléctrica	uS/cm	1054.0	1067.0
TDS	ppm	528.5	533.5

Fuente: Propia.

La tabla N°10, muestra los datos obtenidos con los medidores multiparámetros siendo estos el promedio de 5 tomas por parámetro, esto con la intención de evitar errores en la toma de datos.

Los valores referentes al pH son fácilmente alterables; por lo que, su determinación debe de hacerse en el momento de la toma de muestra, con los resultados de laboratorio se puede corroborar esto; ya que, los datos obtenidos allí presentan una gran variación de 3 unidades más de pH, lo que harían de estas aguas: básicas, siendo este un análisis inexacto; ya que, los datos obtenidos in situ arrojan aguas moderadamente ácidas, indicando: concentraciones moderadas de sulfato, concentraciones altas de metales (disueltos o totales), concentraciones altas de sólidos disueltos totales.

Basándonos en los resultados del pH, y lo que indica este grado de acidez en cuanto a las concentraciones altas de TDS y de la proporcionalidad que tiene este con los valores de la CE del agua, se puede asumir que estas aguas tienen un alto contenido de sales debido a su largo recorrido en el subsuelo facilitando así la acumulación de estas en su composición lo que las clasifica en aguas duras. Esto se puede corroborar al clasificar las aguas según su contenido de Ca y Mg.

Los valores correspondientes a la temperatura están relacionados directamente con el origen de las aguas termales, la cual se clasifica de la siguiente manera: aguas meteóricas, aguas connatas o fósiles y aguas juveniles. Al no poseer con estudios ni información que nos brinde datos de la existencia de zonas volcánicas en esta área, se infiere que nos encontramos en una zona de aguas termales de origen meteórico.

Las aguas de origen meteórico son aquellas que han participado de todo el ciclo hidrológico, siendo parte de esto la infiltración de aguas superficiales en el subsuelo hasta grandes profundidades elevando así su temperatura por efecto del gradiente geotérmico (3°C cada 100 metros de profundidad), las aguas termales son el resultado de la liberación de aguas que se encuentran a altas presiones y temperaturas mediante zonas con discontinuidades o zonas de debilidad como fallas o contacto litológicos que inicialmente facilitan el descenso de estas aguas hasta encontrarse con una formación geológica que limite su circulación a través de ella logrando así llegar a un punto máximo de presión y por ende de temperatura; para así, de esta manera se facilite el ascenso de estas aguas y lleguen hasta la superficie.

La temperatura del agua también tiene de por sí diferentes clasificaciones según su grado de calor, la más universal y aceptable es la que fue publicada por Armijo Valenzuela y Josefina San Martín en su libro: *Curas balnearias y climáticas. Talasoterapia y Helioterapia* en 1994, quienes clasificaron de la siguiente manera:

Tabla N°11  
*Clasificación de aguas por su temperatura.*

DENOMINACIÓN	INTERVALOS
Aguas frías	< 20 °C
Aguas hipotermas	> 20°C y < 35°C
Aguas mesotermas	> 35°C y < 45°C
Aguas hipertermas	> 45°C

Fuente: Libro “Curas balnearias y climáticas. Talasoterapia y Helioterapia”. 1994.

La tabla N°11, clasifica nuestras aguas como hipertermales al poseer una temperatura de 46.7 y 47.1 respectivamente a los afloramientos L01 y L02.

### 3.1.2. Clasificación de aguas

#### Clasificación de aguas por su dureza

Es común clasificar las aguas según su dureza total, desde aguas blandas hasta aguas muy duras. Se pueden encontrar clasificaciones muy diferentes entre sí, estando la discrepancia en el intervalo de concentraciones de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua; por lo que, tomaremos la clasificación perteneciente al Centro de Estudios Hidrográficos y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Tabla N°12

*Clasificación de aguas por su dureza.*

Dureza (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	Tipos de agua
Agua blanda	0 – 50 mg/l
Agua ligeramente dura	50 – 100 mg/l
Agua moderadamente dura	100 – 200 mg/l
Agua muy dura	> 200 mg/l

Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Los resultados de las muestras L01/L02, revelan que tienen de dureza 198.9 mg/l y 231.6 mg/l respectivamente, lo que indica que nos encontramos en aguas moderadamente duras y muy duras correspondientemente, estos minerales tienen su origen en las formaciones rocosas calcáreas (calizas, rocas sedimentarias) quienes por su lento proceso de formación han adquirido sales de diferentes tipos de rocas a los largos de los años.

La OMS indica: “Que las aguas duras pueden contribuir a la ingesta de calcio y de magnesio, minerales relacionados con la prevención de la osteoporosis y los eventos cardiovasculares”. El informe emitido por la OMS habla sobre la relación entre el calcio y el magnesio en el



agua y la salud detallando que, según las evidencias disponibles, el agua debería contener un mínimo de entre 25-50 mg/L de magnesio, para prevenir la arteriosclerosis. En cualquier caso, el beneficio del magnesio solo sería claro en personas con muy bajas ingestas de magnesio en su dieta habitual (algo que sucede con frecuencia en los países con una baja renta per cápita).

Por todo lo expuesto se hace énfasis, que estos estudios están basados en el contenido de sales como Ca y Mg en su composición; más no de los demás iones y cationes que poseen las aguas termales del Valle de Llanguat.

Tabla N° 13  
*Relación entre la conductividad y la dureza del agua.*

<b>CONDUCTIVIDAD Y DUREZA DEL AGUA</b>		
<b>Ppm</b>	<b>μS/cm</b>	<b>Dureza</b>
0-70	0-140	Muy Blanda
70-150	140-300	Blanda
150-250	300-500	Ligeramente Dura
250-320	500-640	Moderadamente Dura
320-420	640-840	Dura
superior a 420	superior a 840	Muy Dura

Fuente: infoAGRO.com.

La tabla N°13, confirma la teoría, el pH, los TDS, la CE, y la dureza guardan estrecha relación entre sí, todos estos confirmaron que nos encontramos ante la presencia de aguas duras.

### Clasificación de aguas por iones dominantes

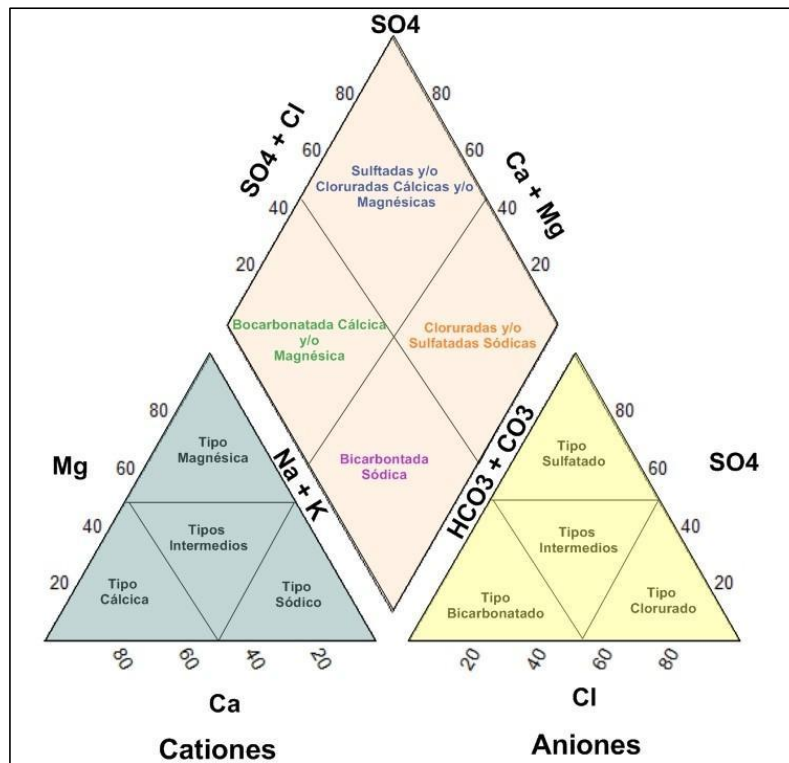


Figura N° 34. Facies del Diagrama Triangular de Piper.  
 Fuente: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

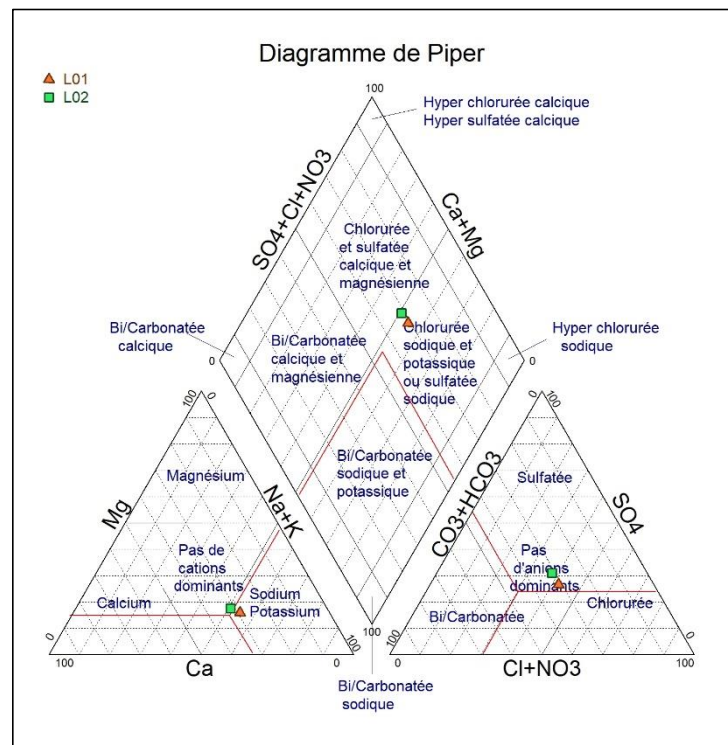


Figura N° 35. Resultados según Piper en Diagrammes.  
 Fuente: Propia.

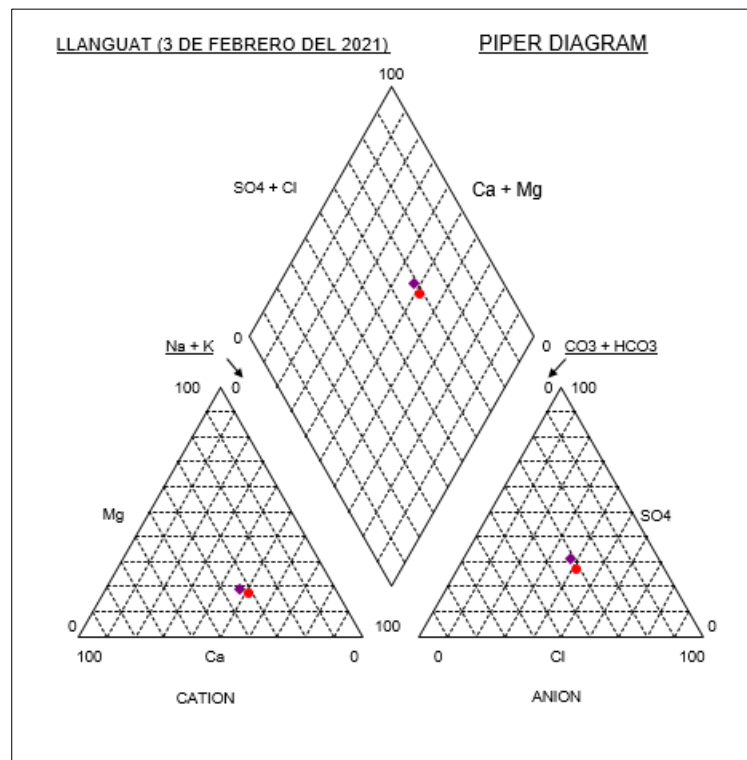


Figura N° 36. Resultados según Piper en Easy\_quim.  
 Fuente: Propia.

Los resultados de las muestras L01/L02, revelan que son aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas. El ión sulfato, sodio y cloruro provienen del lavado de suelos marinos y continentales como se muestra en el plano geológico (Ilustración N°23) los afloramientos del área de estudio pertenecen al cretáceo Inferior y Superior.

Se deduce que la circulación de estas aguas por el Cretáceo Superior fue de corto tiempo; ya que, una de las características predominantes de las rocas calizas es que presentan mucho fracturamiento, siendo esta peculiaridad el causante de que estas aguas no lleven consigo sus sales y minerales a diferencia del paso de estas por el Cretáceo Inferior quién retiene y disminuye la velocidad de flujo notablemente siendo este el resultado de que las aguas tengan mayor contenido de sulfuros.

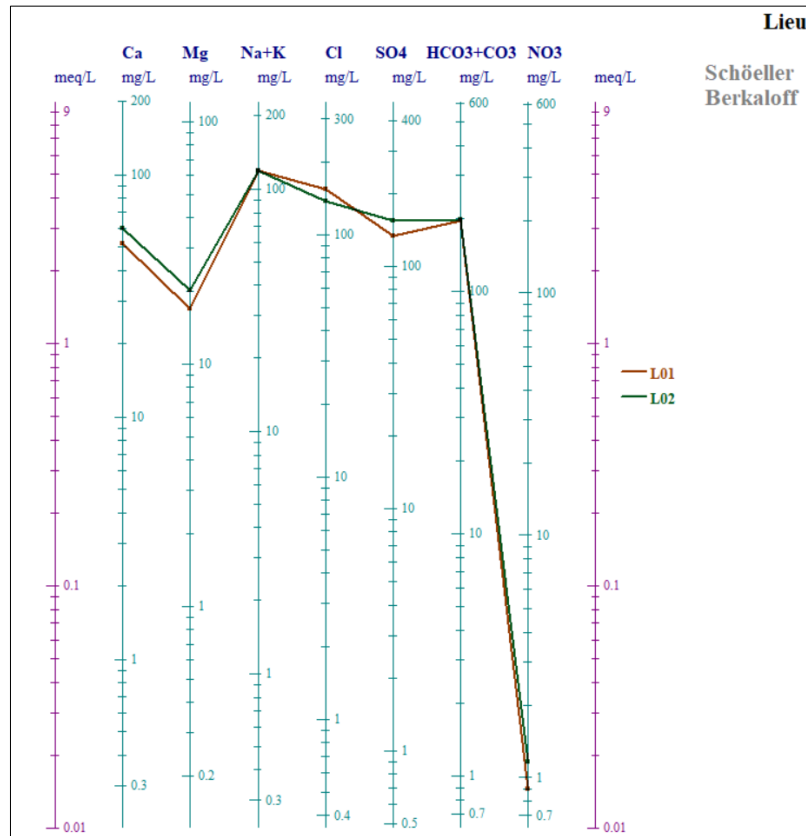


Figura N° 37. Resultados según Scholler en Diagrammes.  
 Fuente: Propia.

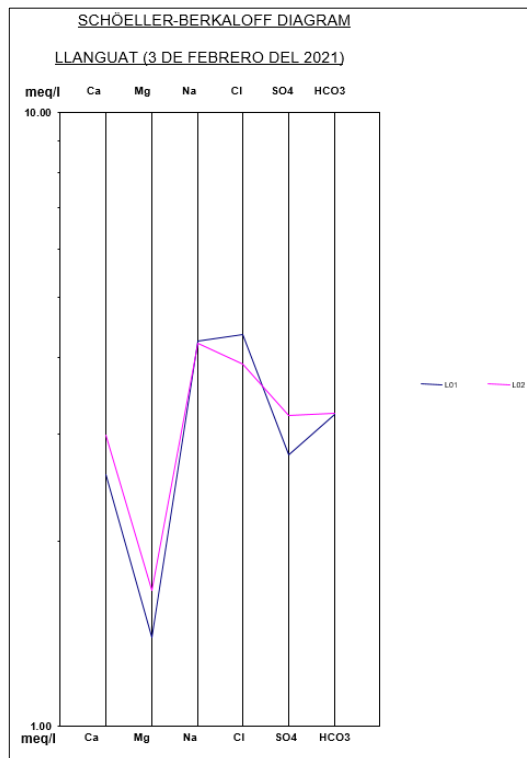


Figura N° 38. Resultados según Scholler en Easy\_quim.  
 Fuente: Propia.

Se puede observar que los gráficos de Scholler en Diagrammes y Easy\_quim, varían; ya que, en el segundo únicamente trabajan 6 iones a diferencia de Diagrammes que abarcan 7 iones, los niveles de sodio tienen una mayor concentración en ambos gráficos.

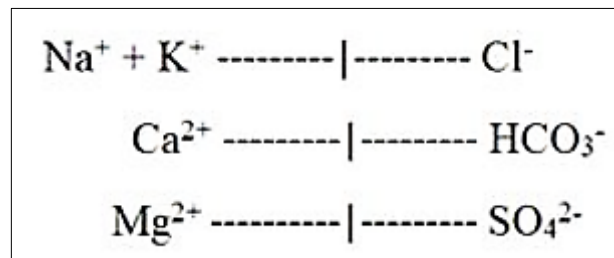


Figura N° 39. Esquema del diagrama propuesto por Stiff.  
 Fuente: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

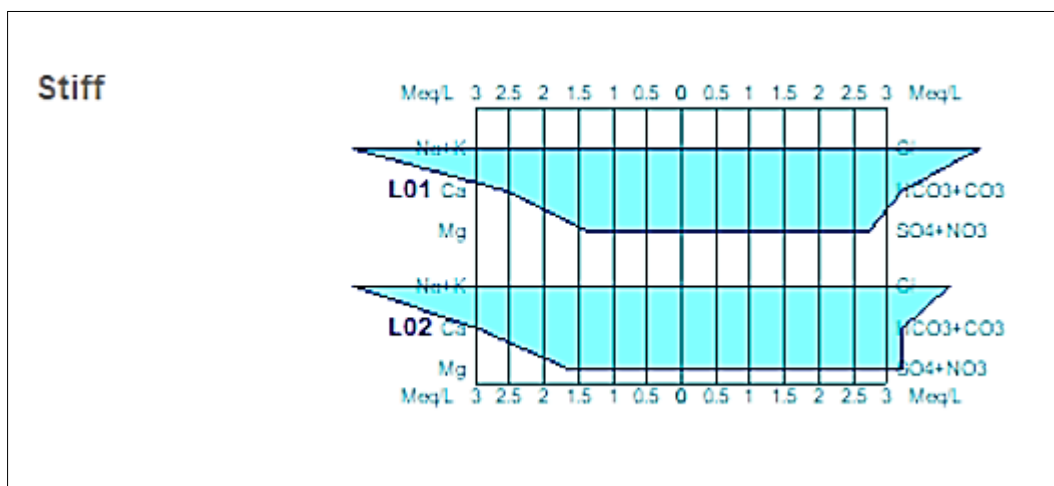


Figura N° 40. Resultados según Stiff en Diagrammes.  
 Fuente: Propia.

Se puede observar que los gráficos de Stiff en Diagrammes, nos dan como resultados aguas con alta concentración de sodio más potasio representando a los cationes y cloruros representando a los aniones.

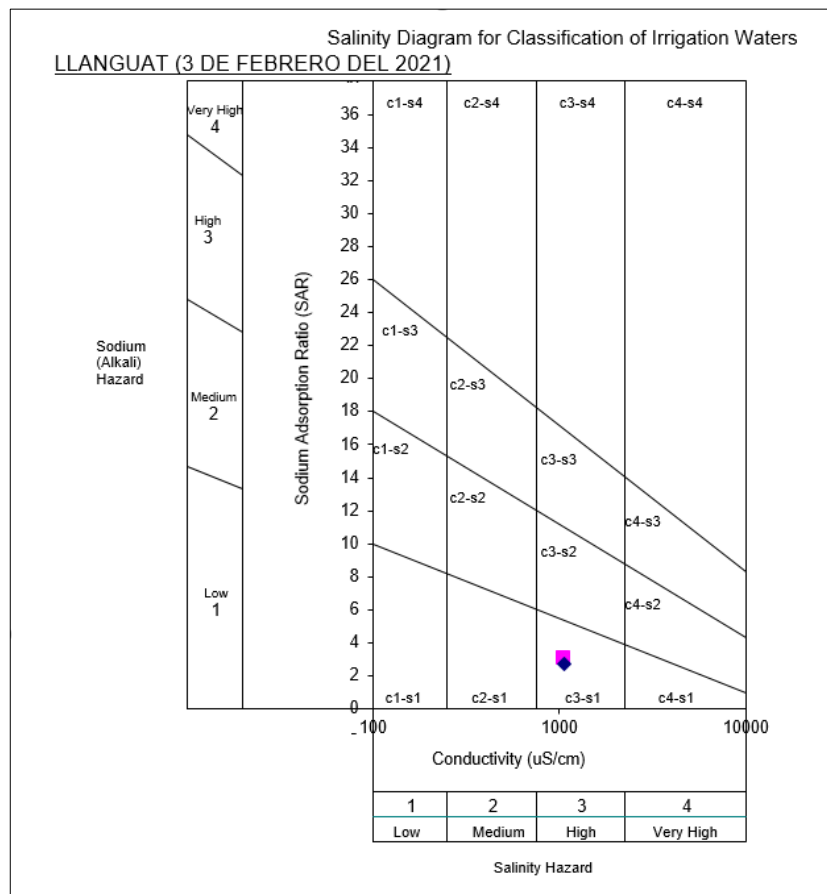


Figura N° 41. Diagrama de salinidad en Easy\_quim.  
 Fuente: Propia.

En el diagrama de salinidad de Easy\_quim, se puede apreciar que las muestras de agua presentan bajo contenido de sodio, pero son buenos conductores de electricidad lo que indica que el trayecto de estas aguas es de largo recorrido.

Este tipo de aguas se pueden utilizar para riego en casi todos los suelos con poco peligro de que el suelo desarrolle niveles nocivos de sodio intercambiable. Sin embargo, los cultivos sensibles al sodio, como los árboles frutales de hueso y los aguacates, pueden acumular concentraciones perjudiciales de sodio.

La conductividad eléctrica que presenta el suelo, influye en gran medida en el esfuerzo que tiene que realizar la raíz de la planta para absorber los nutrientes de la solución de fertilizantes aportada; por tanto, la planta tendrá que esforzarse en mayor medida para extraer



los nutrientes, lo que conlleva un gasto adicional de energía que influirá negativamente en el rendimiento productivo.

### **Clasificación de aguas por sus propiedades terapéuticas**

El empleo de las aguas mineromedicinales es diverso, la gestión de estas aguas implica el contacto de dichas aguas con todas sus características o propiedades, puesto que las aguas naturales son, en último extremo, soluciones reales cuya concentración tiene una posible acción terapéutica (Armijo, 2015).

En base en su mineralización, Rodríguez (2017), atribuye una serie de propiedades terapéuticas para los diferentes tipos de agua.

Tabla N°14

*Propiedades terapéuticas atribuibles para los diferentes tipos de agua.*

TIPO DE AGUA	ACCIÓN TERAPÉUTICA
Sulfuradas	Antialérgicas, desintoxicantes, antiflogísticas, antirreumática
Cloruradas	Anticatarrales, antiinflamatorias
Sulfatadas	Purgantes
Cálcicas	Antialérgicas, sedantes, antiinflamatorias.
Ferruginosas	Antianémicas y reconstituyentes
Radiactivas	Equilibradoras, sedantes
Oligometálicas	Diuréticas

Fuente: Rodríguez, 2017.

Los resultados de las muestras L01/L02, revelan que son aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas, por lo que a estas aguas se las puede atribuir propiedades terapéuticas como: anticatarrales, antiinflamatorias, purgantes, dermatólogas, depuración y diuréticas.

### **3.1.3. Modelado geológico conceptual**

El modelo conceptual tiene como función presentar la geología local en base a un corte geológico, teniendo en cuenta las facies estratigráficas, estructuras geológicas y toda la información existente que se pueda plasmar.

En esta oportunidad se tratará de inferir el origen, formación y trayectorias de las aguas subterráneas que dan origen a las aguas termales del Valle de Llanguat en base a dos cortes geológicos A-A' y B-B'.

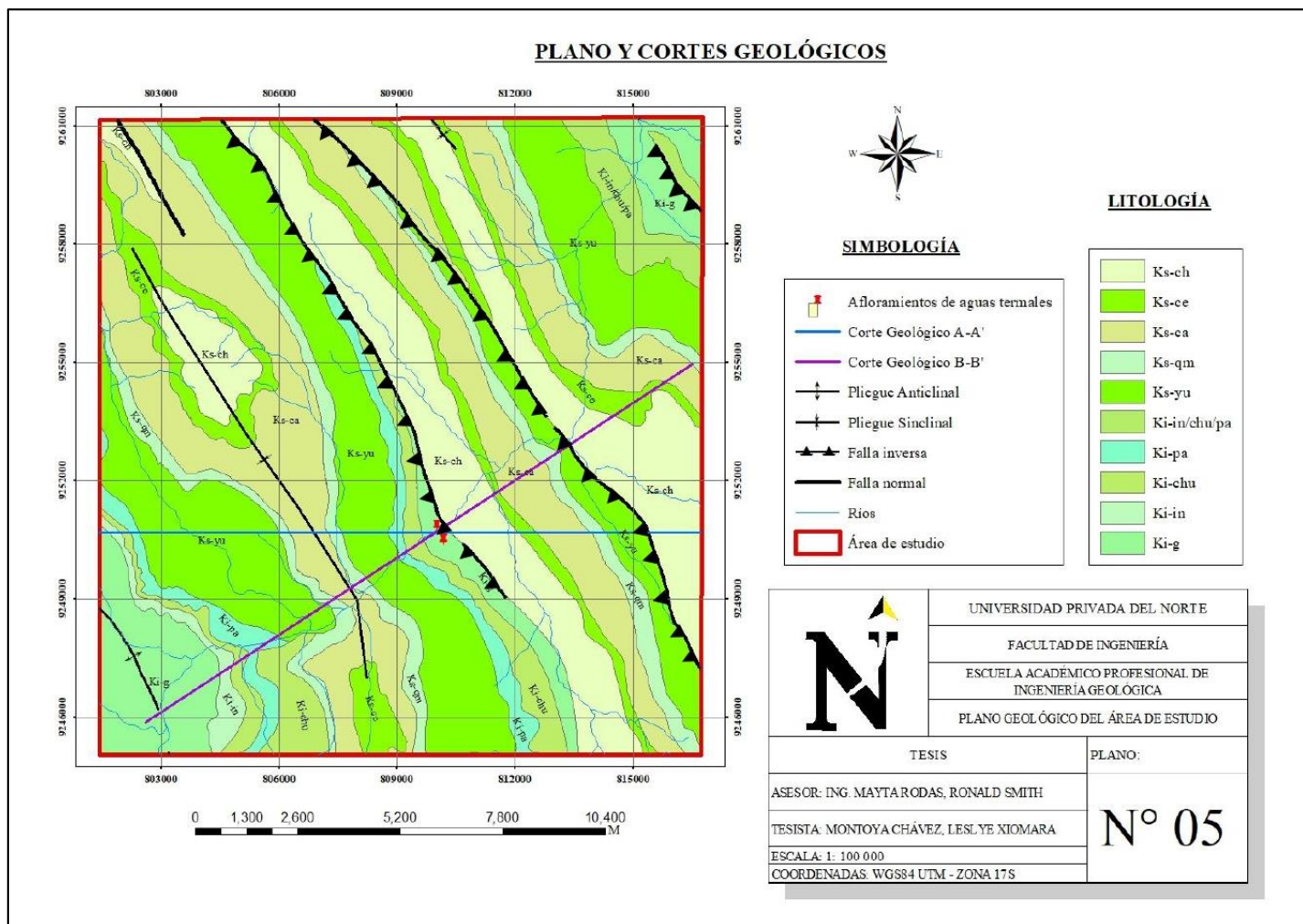


Figura N° 42. Plano y cortes geológicos.  
 Fuente: Propia.

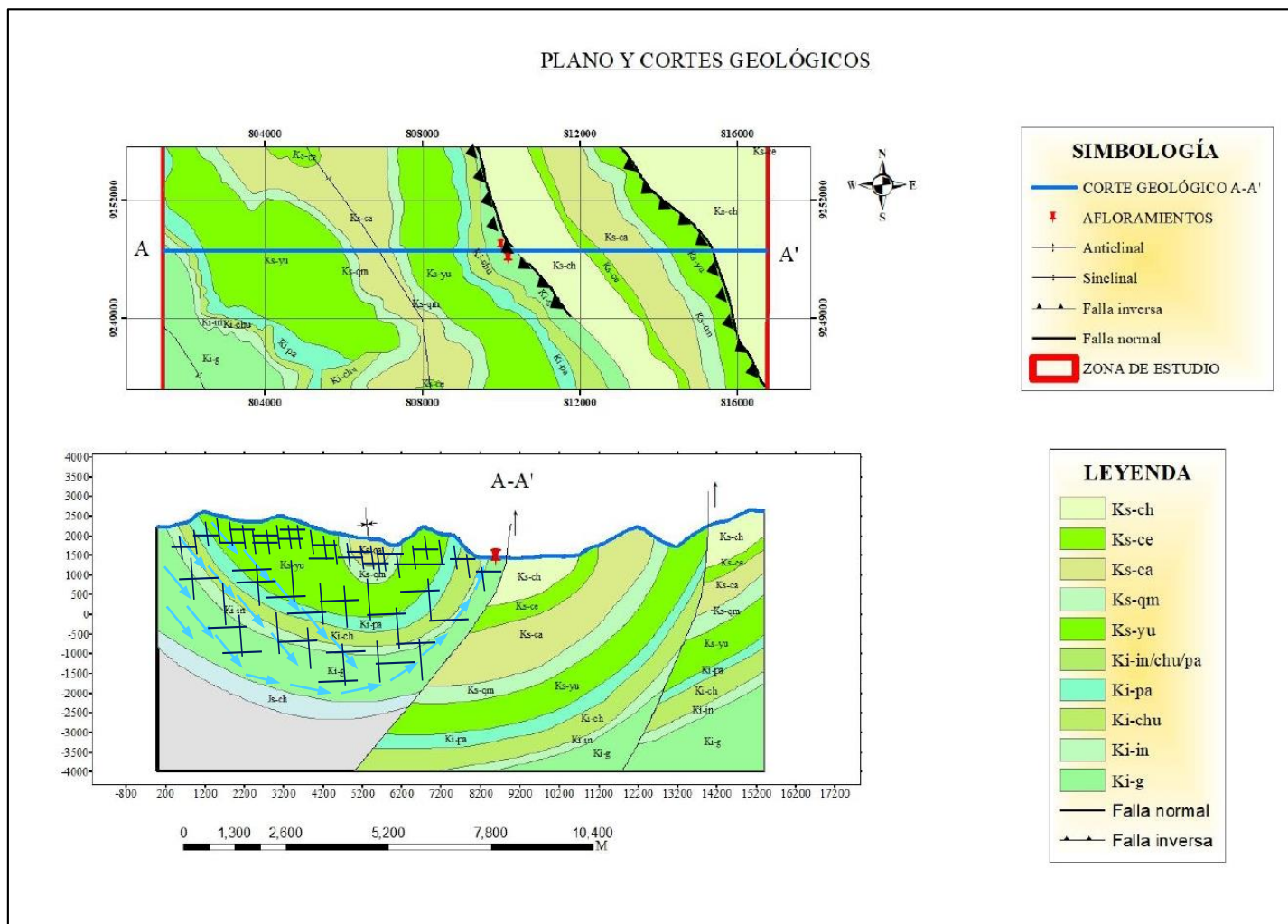


Figura N° 43. Corte y perfil geológico A-A' del área de estudio. En el perfil se aprecia el posible fracturamiento y líneas de flujo.  
 Fuente: Propia.

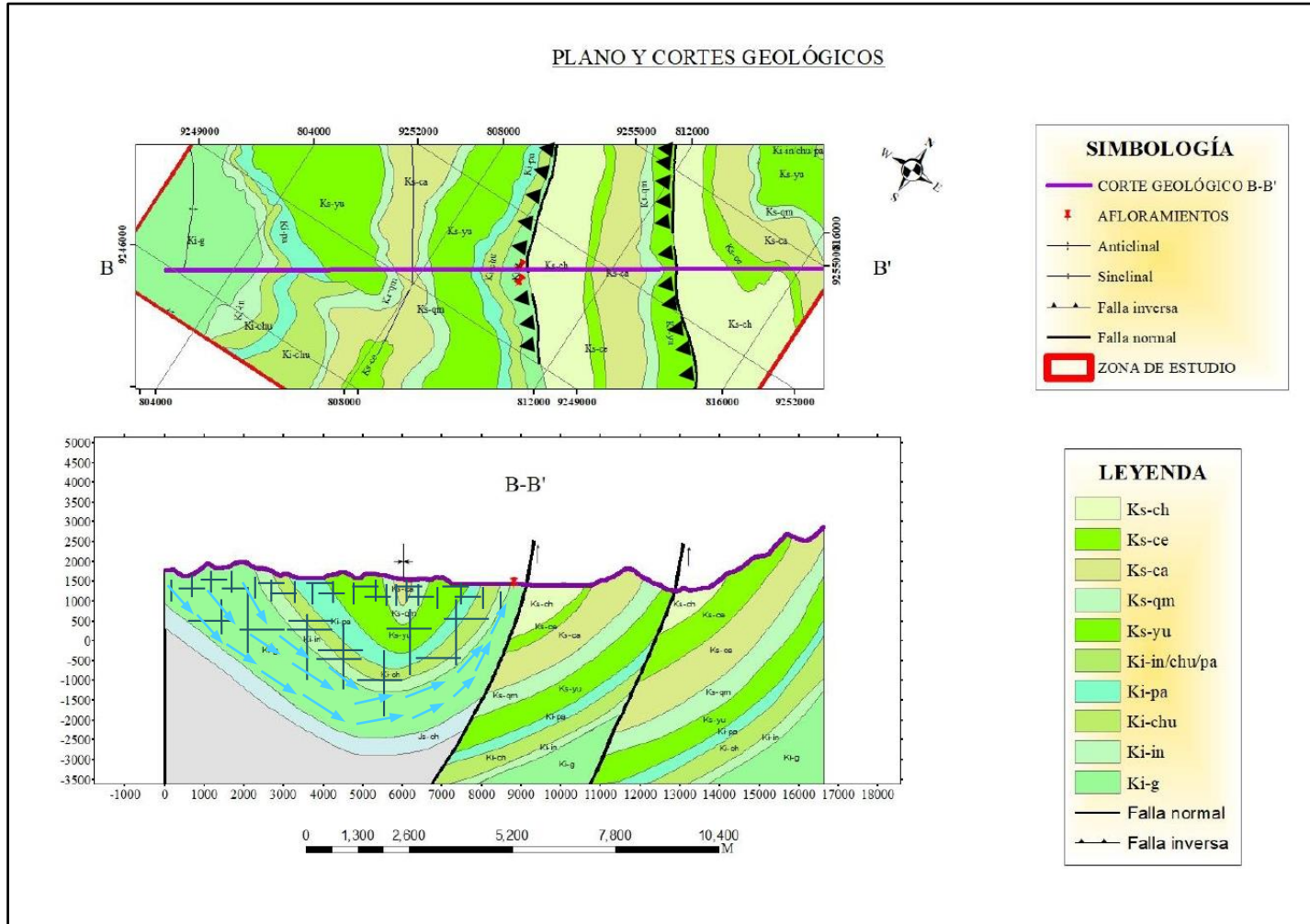


Figura N° 44. Corte y perfil geológico B-B' del área de estudio. En el perfil se aprecia el posible fracturamiento y líneas de flujo.  
 Fuente: Propia.



Las figuras N° 43 y N° 44, muestran los cortes y perfiles (A – A’ y B – B’) que se realizaron al plano geológico para de esa manera interpretar la geología y así mismo comprender el origen, formación y trayectoria de las aguas subterráneas que dan origen a las aguas termales del Valle de Llanguat.

Al tener la teoría de que las aguas termales son de origen meteórico, analizamos las estructuras existentes dentro de los perfiles con el fin de inferir el origen, formación y trayectoria de estas aguas. Como se aprecia en el perfil se observan dos fallas inversas, dividiendo así a nuestra zona de estudio en tres secciones. Comenzando por la mano izquierda con la primera sección hasta la falla contamos con formaciones desde el Cretáceo Inferior hasta una parte del Cretáceo Superior y las siguientes dos secciones muestran afloramientos de formaciones del Cretáceo Superior, facilitando esto la deducción sobre la trayectoria del flujo de agua. Según el análisis del contraste entre los resultados de laboratorio y los ECA, se tienen aguas sulfatadas; se ha inferido que las aguas termales se originan en la primera sección izquierda, quién contienen rocas calcáreas y sedimentarias clásticas. El tipo de roca madre o el conjunto de formaciones geológicas que albergan inicialmente las aguas meteóricas y permiten el flujo de estas aguas mediante su porosidad efectiva y fracturamiento juega un papel importante; ya que, las aguas en el transcurso de su percolación adquieren sales y minerales de quién la contiene, cambiando así su composición fisicoquímica en el tiempo y espacio.

De este mismo modo se puede deducir que su temperatura se da por efecto del gradiente geotérmico (3°C cada 100 metros de profundidad), el afloramiento de estas aguas termales son el resultado de la liberación de aguas que se encuentran a altas presiones y temperaturas mediante zonas con discontinuidades o zonas de debilidad como fallas, contacto litológicos o fracturas que facilitan el ascenso de estas aguas hacia la superficie. En ambos cortes



geológicos se puede observar que los afloramientos de aguas termales se encuentran en la primera sección izquierda que tiene como límite una falla inversa. Las fallas inversas no permiten la circulación de flujos de aguas de un bloque a otro; siendo este, un motivo más para asumir que las aguas termales vienen de la sección izquierda iniciando en el Cretáceo Superior llegando hasta grandes profundidades, dando cabida a la acción del gradiente geotérmico y por ende la ascensión de estas aguas como hipertermales hacia la superficie.

## CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

La finalidad de esta investigación fue determinar de qué manera las características litológicas influyen en la composición fisicoquímica de las aguas termales del Valle de Llanguat, para ello se utilizaron diferentes métodos que corroboraron la teoría mencionada.

Se inició con la recolección de muestras de agua de los afloramientos principales de aguas termales, posterior a ello fueron analizados en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca quién está acreditada por el INACAL, requisito indispensable que garantizar la calidad de los resultados. Adicional a esto, se realizó la toma de parámetros químicos insitu como: pH, temperatura, TDS Y CE; considerando que la toma de estos parámetros en campo es más representativa que los resultados de laboratorio.

El procesamiento de datos inició al recibir los resultados del laboratorio. Se realizó la comparación de los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), estipulado en el Decreto Supremo N°004 - 2017 del Ministerio del Ambiente, el interés por corroborar que los datos se encuentren dentro de los ECA básicamente fue distinguir los parámetros que superan los estándares y encontrar el porqué de estas anomalías. Cabe resaltar que los ECA utilizados para el contraste son del tipo B para aguas recreacionales con contacto directo; ya que, aún no se cuenta con ECA para aguas subterráneas. El resultado que se obtuvo fueron de excedentes de sulfatos, indicando que nos encontramos ante aguas sulfatadas

El pH al encontrarse entre los valores de 5.8 y 5.9 se le denomina ácido, siendo este el indicador de que se tienen concentraciones moderadamente altas de sulfato, concentraciones altas de metales (disueltos o totales) y concentraciones altas de sólidos disueltos totales.

Basándonos en los resultados del pH, y lo que indica este grado de acidez en cuanto a las concentraciones altas de TDS y de la proporcionalidad que tiene este con los valores de la CE del agua, se puede asumir que estas aguas tienen un alto contenido de sales debido a su largo recorrido en el subsuelo, facilitando así la acumulación de estas en su composición lo que las clasifica en aguas duras, esto se corroboró al clasificar las aguas según su contenido de Ca y Mg.

Ahora bien, centrándonos en la temperatura obtenida de 46.7 °C y 47.1°C, se planteó que estas aguas tienen origen meteórico formando parte del ciclo hidrológico del agua mediante el proceso la filtración de esta, dando cabida al gradiente geotérmico. De esta forma, se descarta el origen de aguas connatas o fósiles y aguas juveniles. Según el grado de temperatura estas aguas se clasifican en hipertermales por tener una temperatura superior a 45°C.

El siguiente paso fue clasificar las aguas para así corroborar el análisis del contraste de los resultados de laboratorio y los ECA. Para la clasificación de las aguas se requirió de dos softwares uno siendo de la Universidad Politécnica de Cataluña - España: *Easy\_quim* y el otro siendo de la Universidad de Avignon - Francia: *Diagrammes*, ambos destacados, de libre descarga y reconocidos en la rama de la hidroquímica por emplear clasificaciones universales, trabajando con los mismos autores como: Piper,

Stiff, Scholler; siendo este el factor esencial para verificar entre sí y corroborar la veracidad de los resultados.

Según la clasificación de Piper los afloramientos de aguas termales son aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas, en la clasificación de Stiff se encontraron aguas sodio potásicas cloruradas y en la clasificación de Scholler hubo una pequeña variación; ya que, en Easy\_quim los elementos considerados son diferentes, por lo que los resultados variaron al obtener concentraciones altas de sodio y cloro a diferencia de Diagrammes que se obtuvo excedentes de sodio más potasio.

Las diferentes clasificaciones, además del contraste obtenido apunta a que las aguas termales del Valle de Llanguat presentan concentraciones altas el ión sulfato, sodio y cloruro, quienes provienen de la litología existente, de la roca madre que contiene estas aguas es decir desde el Cretáceo Inferior al Superior, circulando por rocas sedimentarias clásticas (areniscas, cuarcitas, lutitas) y calizas en menor proporción por su rápida filtración gracias a la karstificación de estas.

Debido a que se tiene un patrón que nos indica el recorrido que están tomando estas aguas, se procedió a realizar cortes geológicos al plano intersectando los afloramientos, para así inferir de manera conceptual el comportamiento de estas aguas. En los perfiles se observan dos fallas inversas, dividiendo así a nuestra zona de estudio en tres secciones, comenzando por la mano izquierda con la primera sección hasta la falla contamos con formaciones desde el Cretáceo Inferior hasta una parte del Cretáceo Superior y las siguientes dos secciones muestran afloramientos de formaciones del Cretáceo Superior, facilitando esto la deducción sobre la trayectoria del flujo de agua.

En cuanto a lo expuesto, se logró corroborar la influencia de las características litológicas en las aguas termales del Valle de Llanguat, obteniendo de esta manera aguas sulfatadas y/o cloruradas sódicas quienes tienen un gran impacto positivo gracias a sus propiedades terapéuticas teniendo efectos anticatarrales, antiinflamatorias, purgantes, dermatológicas, depuración y diuréticas.; pero, también afectan negativamente en el día a quienes viven aledaños a los afloramientos; ya que, la conductividad eléctrica que presenta el suelo, influye en gran medida en el esfuerzo que tiene que realizar la raíz de los sembríos para absorber los nutrientes de la solución de fertilizantes aportada; por tanto, la planta tendrá que esforzarse en mayor medida para extraer los nutrientes lo que conlleva un gasto adicional de energía que influirá negativamente en el rendimiento productivo.

Los métodos utilizados en las clasificaciones de aguas tanto en Chile, España, México, Puno, Cajamarca y Churín, han dado fruto a lo largo del tiempo, al disolver las dudas de que estas aguas se encuentran dentro de los ECA y además de ello, tienen propiedades terapéuticas, trayendo consigo progreso a la población aledaña y tratamientos atenuantes para aquellos visitantes que lo requieran de acuerdo al tipo de agua que visiten. El estudio que se realizó en España al comparar los softwares, se pudo corroborar al emplear la misma metodología, los resultados no variaron significativamente; así como también el emplear la información geológica (litologías, estructuras geológicas, inventario de afloramientos, red hidrográfica), para realizar el modelado conceptual que se realizó en Cajamarca y Churín, fue de gran apoyo para así tratar de inferir la zona de recarga, su posible trayectoria y la razón por la que aflora únicamente en ese lado del Valle, siendo todo esto parte del análisis litológico y estructural de la zona de estudio.

Aún queda un largo recorrido para comprender el comportamiento de estas aguas, la limitante de continuar es el difícil acceso hacia la zona de recarga que se planteó en el modelo conceptual y el presupuesto que requiere invertir en trazadores con la inyección de Sodio fluorescente, eosina, rodamina WT, sulforodamina B, amidorodamina G, pyranina, naptionato de sodio, tinopal, anilina; que faciliten comprobar donde está la zona de recarga de estos afloramientos termales.

#### **4.2. Conclusiones**

- Se logró determinar la influencia de las características litológicas en la composición fisicoquímica de las aguas termales del Valle de Llanguat, al encontrarse una relación directa entre el tipo de formaciones geológicas que contiene a la zona de estudio y los resultados de las muestras de los principales afloramientos de aguas termales.
- La salubridad de las aguas termales del Valle de Llanguat es apta para tener contacto directo con las personas, según los Estándares de calidad Ambiental del 2017.
- Las aguas termales se clasifican como aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas, teniendo estrecha relación con el tipo de roca caja que la alberga, es decir litología existente en el Cretáceo.
- El gradiente geotérmico tiene una gran influencia sobre la temperatura de estas aguas, pues al tener un largo recorrido aumentan su temperatura de manera proporcional a la profundidad clasificándolas como hipertermales.
- De la interpretación de las secciones geológica deducimos que la recarga de las fuentes termales se encuentra en la sección izquierda abriéndose paso entre rocas calizas y clásticas quienes forman parte del Cretáceo Superior e Inferior correspondientemente.



## REFERENCIAS

- Barba, L. (2002) Conceptos Cásicos de la Contaminación del Agua y Parámetros de Medición. s.n.t.48p.
- Breña, A; Jacobo, M. (2006) Principios y Fundamentos de la Hidrogeología Superficial. Tlalpan, México, Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana.287p.
- Composición química de las aguas subterráneas naturales. s.f. s. n. t.18p.
- Dávila, J. (2011) Diccionario Geológico. Lima, Perú, *INGEMMET*, s.e.900p.
- Celis, R. (2012). *Caracterización geoquímica del sistema geotermal Termas De Puyehue – Aguas Calientes, Región de Los Lagos, Chile*. [Tesis para obtener el Título de Geólogo]. Universidad de Chile.
- Cruz, A. (2017). *Composición química de las aguas termales en el Estado de México: implicaciones para sus usos*. [tesis para obtener el Título de Licenciado en Geología Ambiental y Recursos Hídricos]. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Arévalo, G; García, H. (2014). Turismo de salud por medio del aprovechamiento de aguas termales. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/>.
- Rojas, C. (2017). *Caracterización de aguas termales mediante análisis fisicoquímico en el Caserío De Chotén - Distrito De San Juan*. [Tesis para obtener el Título de Ingeniero Geólogo]. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Llahuilla, J; Arroyo, J. (2019). Estudio químico del agua termal de San Antonio de Putina-Puno durante las estaciones del año. *Ciencia e Investigación*.
- Peña, F; Sima, J; Baratoux, L. (2015). Desarrollo del turismo balneológico en Perú: Caso Cajamarca y Churín. *INGEMMET*. <https://portal.ingemmet.gob.pe/>.
- Generación de la composición química del agua. Relación composición química - litología. Fenómenos modificadores. s.f. s. n. t.11p.

IDEAM (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, Bogotá). 2013. Guía Metodológica Para la Elaboración de Mapas Geomorfológicos a escala 1:100.000, Bogotá, s.e. 88p.

Martín, LA. s. f. Introducción al equilibrio ácido base. s.n.t. 24p.

Mineralización del agua: Sustancias que se encuentran disueltas en un agua natural subterránea, iones fundamentales y menores. s.f. s. n. t. 11p.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2003. Guías para la calidad de agua potable: primer apéndice a la tercera edición. ciudad. s.n.t. 408p.

Pinuaga Espejel, JI. s.f. Infraestructura Hidrotermal .s.n.t. 8p

Rebollo, LF. s.f. Características Físico-químicas de las aguas subterráneas (diapositiva). s. n. t. 20 diapositiva.

San Román Sanchez, JF. 2012. Diagramas de Piper. Salamanca, España, s. n. t. 9p.

## **ANEXOS**



ANEXO N°2. Certificado de acreditación al Laboratorio del Gobierno Regional del Agua –  
GORECAJ, emitido por INACAL.

**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 al:

**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 de Cajamarca y departamento de Cajamarca  
Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2006 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-05P-17F 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

  
**MÓNICA NÚÑEZ CABAÑAS**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0609-2017-INACAL/DA  
Contrato N° : 042-2017-INACAL/DA  
Registro N° : LE-064

Fecha de emisión: 15 de marzo de 2018

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de modificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado.  
La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver 02

ANEXO N°3. 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
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10	**
Nitros (NO <sub>3</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	0,005	**
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	**
Uranio	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
Formas 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°4. Informe de Laboratorio, primera parte.

		<b>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA</b> GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-084			
<b>INFORME DE ENSAYO N°</b>		<b>IE 0321122</b>			
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>					
Razon Social/Nombre	<b>MONTOYA CHAVEZ LESLYE</b>				
Dirección	<b>Celendin</b>				
Persona de contacto	-	Correo electrónico	<b>leslye.montoya04@gmail.com</b>		
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
Fecha del Muestreo	<b>03.03.21</b>	Hora de Muestreo	<b>06:40 a 07:10</b>		
Responsable de la toma de muestra	<b>Cilente</b>	Plan de muestreo N°	-		
Procedimiento de Muestreo	-				
Tipo de Muestreo	<b>Puntual</b>				
Número de puntos de muestreo	<b>02</b>				
Ensayos solicitados	<b>Fisicoquimicos y Microbiológicos</b>				
Breve descripción del estado de la muestra	<b>Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación</b>				
Referencia de la Muestra:	<b>CELENDIN</b>				
<b>DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO</b>					
N° Contrato	<b>SC - 211</b>	Cadena de Custodia	<b>CC - 122 - 21</b>		
Fecha y Hora de Recepción	<b>03.03.21</b>	<b>10:15</b>	Inicio de Ensayo	<b>03.03.21</b>	<b>10:30</b>
Reporte Resultado	<b>12.03.21</b>	<b>11:50</b>			
 <b>Edder Neyra Jalco</b> Responsable de Laboratorio CIP: 147028					
<b>Cajamarca, 12 de Marzo de 2021.</b>					
<small>JIL LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ          e-mail: laboratorio@regcajamarca.gob.pe / laboratorio@regcajamarca@hotmail.com FONOS: 599000 anexo 1340.</small>					
<small>Página: 1 de 4</small>					




ANEXO N°5. Informe de Laboratorio, segunda parte.



LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE - 084

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0321122**


ENSAYOS			QUÍMICOS				
Código de la Muestra			L01	L02	-	-	-
Código Laboratorio			0321122-01	0321122-02	-	-	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	-	-	-
Localización de la Muestra			Llanguat	Llanguat	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Disueltos				
Plata (Ag)	mg/L	0.010	<LCM	<LCM	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	<LCM	<LCM	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.157	0.236	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.020	3.853	3.584	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.073	0.065	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.010	<LCM	<LCM	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	51.52	59.67	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	2.557	2.361	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.051	20.58	22.21	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.889	0.852	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.010	16.91	20.12	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	0.180	0.193	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.055	97.84	96.82	-	-	-
Níquel (Ni)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.024	0.041	<LCM	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.001	45.31	51.62	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	0.041	0.044	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.104	12.59	13.63	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.933	1.031	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	-	-	-
Cerio	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	0.011	0.008	-	-	-

Cajamarca, 12 de Marzo de 2021.

Dr. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/NL UNB, EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ  
e-mail: laboratorio@regióncajamarca.gob.pe / laboratorio@regióncajamarca.gob.pe FONOS: 990000 anexo 1340.

Página: 2 de 4

ANEXO N°6. Informe de Laboratorio, tercera parte.



LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE - 084

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0321122**

ENSAYOS			FÍSICOQUÍMICOS					
Código de la Muestra			L01	L02	-	-	-	-
Código Laboratorio			0321122-01	0321122-02	-	-	-	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	-	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Llanguat	Llanguat	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.038	0.266	0.276	-	-	-	-
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0.065	154.3	138.0	-	-	-	-
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.050	0.146	<LCM	-	-	-	-
Bromuro (Br <sup>-</sup> )	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.064	0.900	1.158	-	-	-	-
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	0.070	132.8	154.2	-	-	-	-
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.032	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	2.5	714.0	728.0	-	-	-	-
Dureza Total	mg/L	1.04	198.9	231.6	-	-	-	-
Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> )	mg CaCO <sub>3</sub> /L	0.85	196.4	197.6	-	-	-	-
pH a 25°C	pH	NA	8.06	8.25	-	-	-	-
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	1229.0	1236.0	-	-	-	-
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.85	196.4	197.6	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite 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	27	94	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1,0, <1,5, <1,1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ  
e-mail: laboratorio@región-cajamarca.gob.pe / laboratorio@lra@bta.com FONOS: 099000 anexo 1180.

Página: 3 de 4

ANEXO N°7. Informe de Laboratorio, cuarta parte.



LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayos  
Acreditado  
Registro N° LE - 084

Cajamarca, 12 de Marzo de 2021.

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0321122**

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrato, Bromuro, Sulfato, Nitrito, Fosfato, HNO <sub>2</sub> , HNO <sub>3</sub> , F <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> , HNO <sub>2</sub> +HNO <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.
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,C, 23rd Ed. 2017: Solids, Total Dissolved Solids Dried at 180°C
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method
Alcalinidad Total / Bicarbonato / Carbonato / Hidroxido (CaCO <sub>3</sub> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> , OH <sup>-</sup> )	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. 2017: Alkalinity, Titration Method
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,C, 23rd Ed. 2017: Solids, Total Dissolved Solids Dried at 180°C
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2510. B, 23rd Ed. 2017. Conductivity: Laboratory Method

**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 conciernen 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 las 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 acreditación 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, 12 de Marzo de 2021.

JL LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ  
e-mail: laboratorio@lra.gob.pe / laboratorio@lra.gob.pe / laboratorio@lra.gob.pe FONO: 0599000 anexo 1140.

Página: 4 de 4



ANEXO N°8. Zona acumulación de agua termal



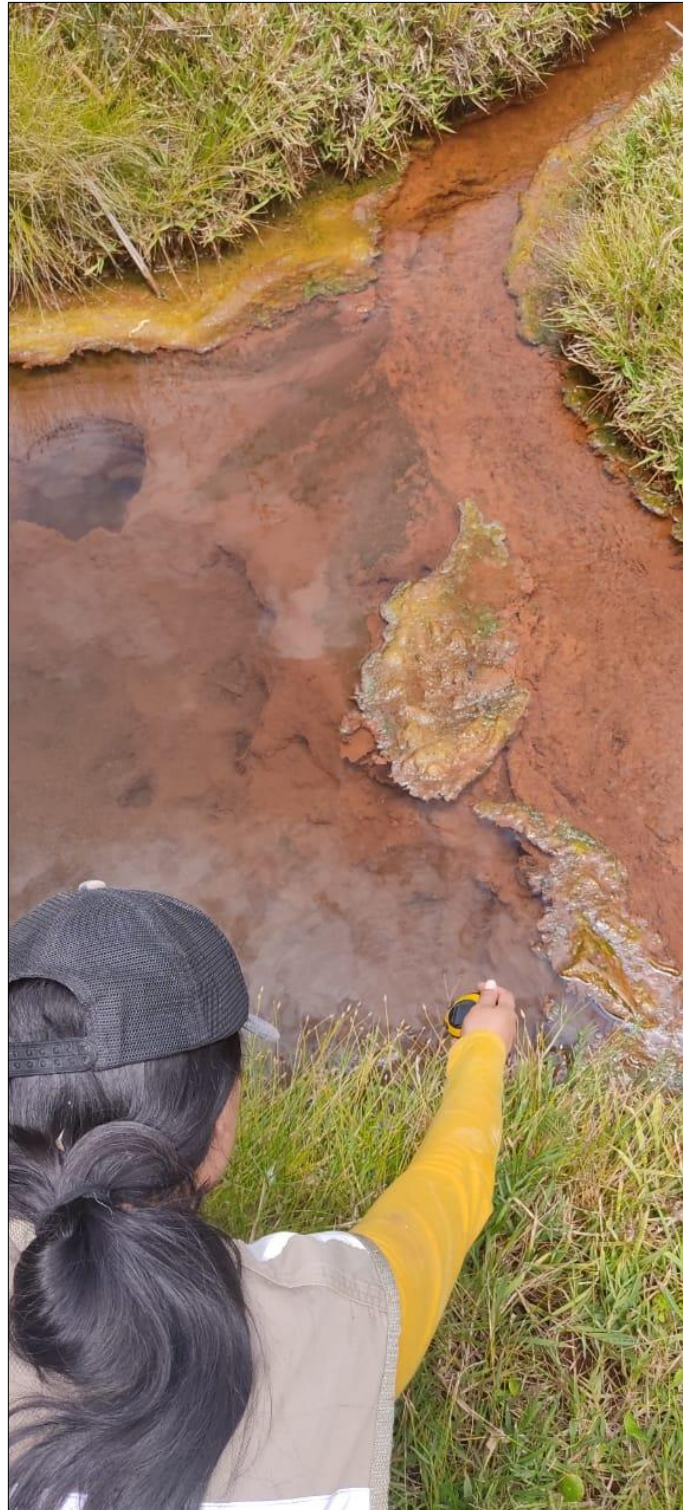


ANEXO N°9. Estratos volcados pertenecientes el Cretáceo Superior, roca con alto fracturamiento.





ANEXO N°10. Zona de afloramiento de aguas termales.





ANEXO N°11. Panel fotográfico.

