

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Geológica

“CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL
MANANTIAL “EL PUQUIO” PARA DETERMINAR SU ZONA
DE RECARGA, CAJAMARCA, PERÚ, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. Diego Alexander Boñon Vargas

Bach. Regina Angiel Mercado Cortez

Asesor:

Ing. Mg. Miguel Ricardo Portilla Castañeda

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a quienes me inspiraron para la conclusión de mi proyecto de investigación, A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos. A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta tesis. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria.

Angiel y Diego

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todos mis maestros ya que ellos me enseñaron valorar los estudios y a superarme cada día, también agradezco a mis padres porque ellos estuvieron en los días más difíciles de mi vida como estudiante. Y agradezco a Dios por darme la salud que tengo, por tener una cabeza con la que puedo pensar muy bien y además un cuerpo sano y una mente de bien. Estoy seguro de que mis metas planteadas darán fruto en el futuro y por ende me debo esforzar cada día para ser mejor en mi vida profesional y en todo lugar sin olvidar el respeto que engrandece a la persona.

Angiel y Diego

Tabla de contenidos

	Pág.
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Objetivos	13
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	13
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	13
1.3. Hipótesis	13
1.3.1. <i>Hipótesis general</i>	13
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	14
2.1. Tipo de investigación	14
2.2. Población y muestra.....	14
2.3. Instrumentos y métodos.....	15
2.3.1. <i>Técnicas e instrumentos</i>	15
2.3.1.1. <i>Técnicas</i>	15
2.3.2.2. <i>Instrumentos</i>	16
3.2. Procedimiento	17
3.2.2. <i>Etapas de Pre campo o Gabinete I</i>	17
3.2.3. <i>Etapas de Campo</i>	17
3.2.4. <i>Etapas Post campo o Gabinete II</i>	27
CAPÍTULO III. RESULTADOS	32
3.1. Ubicación	32
3.1.1. <i>Ubicación geográfica</i>	32
3.1.2. <i>Ubicación política</i>	32
3.2. Accesibilidad	34
3.3. Clima	35
3.4. Precipitaciones.....	37
3.5. Temperatura del Agua	38
3.6. Flora y Fauna	39
3.7. Geología Regional	40
3.7.1. <i>Cretáceo</i>	42
3.7.1.1. <i>Grupo Goyllarisquizga</i>	42
3.7.1.1.1. <i>Formación Chimú (Ki-Chi)</i>	42
3.7.1.1.2. <i>Formación Carhuaz (Ki-ca)</i>	42

3.7.1.1.3.	Formación Farrat (Ki-fa).....	42
3.7.1.2.	Formación Inca (Ki-in).....	42
3.7.1.3.	Formación Chulec (Ki-chu).....	43
3.7.1.4.	Formación Pariatambo (Ki-pt).....	43
3.7.1.5.	Formación Yumagual (Ks-yu).....	43
3.7.1.6.	Depósito Aluvial (Qh-al).....	43
3.7.1.7.	Formación Huambos (Nm-vh).....	44
3.8.	Geología.....	44
3.8.1.	Análisis Estructural.....	44
3.8.2.	Hidrología.....	48
3.8.2.1.	Hidrología del Río Ronquillo.....	55
3.8.3.	Análisis e interpretación de resultados.....	57
3.8.3.1.	Diagrama de Piper.....	59
3.8.3.2.	Diagrama de Schoeller.....	62
3.8.3.3.	Diagrama de SAR.....	64
3.8.4.	Comparación de los resultados obtenidos.....	67
3.8.4.1.	Potencial de Hidrogeno.....	68
3.8.4.2.	Conductividad Eléctrica.....	69
3.8.4.3.	Temperatura.....	70
3.8.4.4.	Fluoruros.....	71
3.8.4.5.	Cloruros.....	72
3.8.4.6.	Nitratos.....	73
3.8.4.7.	Sulfatos.....	74
3.8.4.8.	Sólidos Disueltos Totales.....	75
3.8.4.9.	Dureza Total.....	76
3.8.4.10.	Coliformes Termotolerantes.....	77
3.8.4.11.	Parámetros Químicos.....	78
	CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	80
4.1.	Discusión.....	80
4.2.	Conclusiones.....	82
	REFERENCIAS.....	85
	ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales para Muestreo de Agua.....	19
Tabla2 Coordenadas De La Zona De Estudio	32
Tabla3 Coordenadas del manantial "El Puquio"	34
Tabla4 Coordenadas Del Río Ronquillo.....	34
Tabla5 Parámetros Químicos Del Manantial.....	52
Tabla6 Parámetros Fisicoquímicos Del Manantial.....	53
Tabla7 Parámetros Microbiológicos Del Manantial.....	54
Tabla8 Parámetros No Específicos del Manantial.....	54
Tabla9 Parámetros Químicos del Río	55
Tabla10 Parámetros Fisicoquímicos Del Río	56
Tabla11 Parámetros No Específicos Del Río	57
Tabla12 Normas Para La Calidad De Agua De Riego	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuaderno De Campo	16
Figura 2. Materiales Para Muestreo De Agua	18
Figura 3. Emplear Guantes Quirúrgicos	20
Figura 4. Contaminación De Frascos Con Agua En El Manantial	21
Figura5. Llenado De Los Frascos En El Manantial	22
Figura6. Llenado De Etiquetas De Los Frascos De Muestreo	22
Figura 7. Muestras Colocadas En El Cooler Para Su Transporte	23
Figura 8 Punto De Muestreo "Río Ronquillo"	24
Figura 9 Contaminación De Frascos En El Río	25
Figura 10 Llenado De Frascos De Muestreo	25
Figura 11. Toma De Datos Con El Ph-Metro	26
Figura 12 Interfaz Easy Quim 4.0	27
Figura 13 Easy Quim Con Los Valores Del Laboratorio	28
Figura 14 Diagrama De Piper	29
Figura 15 Diagrama de Schoeller	30
Figura 16 Diagrama De Sar	31
Figura 17 Mapa de Ubicación	33
Figura18. Accesibilidad A La Zona De Estudio	35
Figura 19 Temperatura Máxima Y Mínima	36
Figura 20. Probabilidad diaria de Precipitación	37
Figura 21. Temperatura Promedio del Agua.	38
Figura 22 Columna Estratigráfica De Cajamarca	40
Figura23 Modelo De Mapeo Estructural En Cajamarca	45
Figura 24 Intersección De Fallas	46
Figura 25 Intersección De Fallas Del Manantial "El Puquio"	47
Figura 26 Perfil De Elevación	49
Figura 27 Sección Longitudinal	50
Figura 28 Unidades Hidrogeológicas y Susceptibilidad	51
Figura 29 Tabla De Análisis Químicos Y Relaciones Iónicas	58
Figura 30 Diagrama De Piper Hill Langelier	60
Figura31 Diagrama De Piper De Las Muestras Analizadas	61
Figura 32 Diagrama De Schoeller-Berkaloff De Las Muestras Analizadas	63
Figura 33 Diagrama De SAR De Las Muestras Analizadas	66
Figura 34 Comparación de Potencial de Hidrogeno	68
Figura35 Comparación De Conductividad Eléctrica	69
Figura36 Comparación De Temperaturas	70
Figura 37 Comparación De Fluoruros	71
Figura 38 Comparación de Cloruros	72
Figura39 Comparación De Nitratos	73
Figura 40 Comparación De Sulfatos	74
Figura 41 Comparación De Solidos Disueltos Totales	75
Figura 42 Comparación De Durezas Totales	76
Figura 43 Comparación De Coliformes Termotolerantes	77
Figura44 Comparación De Parámetros Químicos	78
Figura 45 Informe De Laboratorio	88
Figura46 Informe De Laboratorio	89
Figura 47 Certificado INACAL Del Laboratorio Regional Del Agua.	90

Figura 48 Formato De Rotulación De Muestreo En Campo	91
Figura 49 Manantial El Puquio, Ubicado En El Jr. Cumbe Mayo C-1	92
Figura50 Manantial El Puquio	93
Figura51 Agregando acido nítrico (NHO3) a la muestra	94
Figura52 Toma De Muestra En El Manantial El Puquio	95
Figura 53 Toma De Muestra En El Manantial El Puquio	96
Figura54 Punto De Muestreo Río Ronquillo.....	97
Figura 55 Toma De Muestra Río Ronquillo.....	98
Figura56 Medición De Parámetros No Específicos	99
Figura 57 Frascos Etiquetados.....	100
Figura 58 Frascos De Muestreo Llenados	101
Figura 59 Muestras Entregadas A Laboratorio	102

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo realizar las características hidrogeológicas para determinar la zona de recarga del manantial "El Puquio" ubicado en la ciudad de Cajamarca, Perú. Las características se obtuvieron realizando un estudio estructural, analizando las fallas predominantes en el valle de Cajamarca, así como también la litología presente en la zona. Se realizó el análisis fisicoquímico y los parámetros no específicos (pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Total de Sólidos Disueltos); Se identificó su zona de recarga mediante métodos directos e indirectos, con la búsqueda de antecedentes locales, muestreo en campo y comparación de parámetros químicos, entre otros; dando como resultado su posible zona de recarga el río Ronquillo. Las muestras para este estudio fueron tomadas el mismo día con una hora de diferencia entre ellas. Los resultados obtenidos fueron que el agua del manantial y el río Ronquillo son Sulfatadas y/o Cloruradas Sódica. Los parámetros físicos medidos en el manantial muestran un pH de 6.66 (agua neutra), temperatura de 18,6 °C (agua templada), conductividad eléctrica de 191 $\mu\text{s}/\text{m}$ y sólidos disueltos totales de 133 mg/L. Se encontraron valores que sobrepasan los límites permisibles establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Decreto Supremo N° 015-2015, teniendo como resultados de esto el Magnesio y Coliformes Termotolerantes, lo cual hacen que esta agua no sea apta para el consumo humano.

Palabras clave: Hidrogeología, Parámetros fisicoquímicos, Caracterización hidrogeológica, Manantial.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El agua subterránea es uno de los elementos que mayor impacto ha sufrido desde la última mitad del siglo XIX. Sin embargo, a pesar de la gran dependencia del agua subterránea en el país, y por ser un elemento relativamente oculto, existe poco interés en realizar un análisis sistémico que permita entender la dinámica de su funcionamiento. Aspecto que finalmente permitiría su adecuado aprovechamiento, respetando su relación con el resto de los componentes del ambiente y minimizando así los posibles efectos negativos por su extracción. Actualmente, el enfoque dado al estudio del agua subterránea en el territorio nacional pretende cuantificar volúmenes a través del balance hídrico, más no entender su respuesta ni relación con diversas componentes del ambiente. (Peñuela, 2012).

Las aguas superficiales de las nacientes y los ríos son vulnerables a diversas fuentes de contaminación por microorganismos patógenos o sustancias químicas, ya sea de origen natural o antrópico (Programa Mundial de Evaluación de Recursos Hídricos, 2003). En la actualidad las propiedades del agua varían dependiendo de diferentes factores, físicos químicos y biológicos, ya que estos están influenciando de manera directa en la aparición de enfermedades que afectaría a las poblaciones. Así mismo (INGEMMET, 2019), realizó un estudio de la Hidrogeología de la cuenca del Río Huaura de la Región Lima, en el cual uno de sus objetivos era caracterizar la hidroquímica de las aguas subterráneas en la cuenca y clasificarlas según su uso. De lo cual las cuatro muestras extraídas de pozos de agua subterránea, localizados en el valle del río Huaura, dos son aceptables para el consumo humano y las otras dos superan el límite permisible de Cl⁻, SO₄²⁻, Conductividad Eléctrica y pH.

Así mismos estudios nacionales nos dicen que (INGEMMET, 2020), realizó un estudio de la "hidrogeología de la Cuenca del Río Tambo, Arequipa, Moquegua y puno". En el cual

establece zonas potenciales de captación y recarga de aguas subterráneas. Resulta que los sistemas de flujos locales son recargados en la parte alta de una topografía local y esta descarga en las laderas adyacentes de dicha topografía. Los sistemas de flujos intermedios tienen un área de recarga y descarga en sectores separados por una o más elevaciones o desniveles topográficos. Los sistemas de flujos regionales presentan áreas de recarga que abarcan hasta el límite divisorio de una cuenca; el área de descarga abarca hasta los valles más bajos.

En la región de Puno, provincia de Melgar y el distrito de Santa Rosa, cuenta con varios manantiales, pero el 70% de la población rural del distrito de Santa Rosa, no cuenta con servicios básicos de agua potable y el mayor porcentaje desconoce la calidad sanitaria, por lo que sus habitantes vienen consumiendo agua con contenido bacteriano que exceden los límites permisibles 50NMP/100ml por lo que se considere aguas de mala calidad y traerían consigo graves consecuencias para la salud pública. (Quispe, 2017).

Según estudios regionales sabemos que es importante resaltar que el agua para consumo humano del manantial "La Shita" es clorada, mas no tiene ningún tratamiento para agua potable, lo que significa un grave riesgo para la salud pública de lo cual obtuvo como resultado que los valores de los parámetros evaluados no superan los valores establecidos en ECA – D.S. N°015-2015–MINAM Categoría 1 y D.S. N°031-2010- MINSAs; catalogándose como agua de categoría A1, por lo que pueden ser potabilizadas con desinfección. (Vásquez, 2017).

Así mismo, (Lezama y Vásquez, 2016), mencionan en su estudio que la población de Huañambra en José Gálvez, Celendín, cuenta con un manantial, del cual abastece de agua potable a la comunidad, y el agua que se suministra no es analizada por ningún proceso unitario de tratamiento y mantenimiento. Según los resultados del análisis fisicoquímico

(pH, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos totales disueltos, alcalinidad, dureza total, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, hierro, cobre, cromo, aluminio, cadmio, plomo y zinc), que se realizaron en las aguas del manantial Huañambra, mostraron que no existe contaminación debido, a que sus concentraciones están por muy debajo de la ECA Nacional. El manantial el Puquio ubicado en el Jr. Cumbe Mayo del Sector San Sebastián de la ciudad de Cajamarca, Perú, actualmente no presenta ningún estudio hidrogeológico para determinar su zona de recarga y la calidad de agua de dicho manantial puesto que de este se abastecen los ciudadanos aledaños, lo cual es una preocupación ya que este manantial puede no tener las condiciones aptas para su utilidad. Según la geología del área las características del agua pueden variar según las formaciones que se encuentren en dicha zona y afectar directamente a esta, así como también el recorrido que tenga el flujo de agua para llegar a dicho manantial. Así como sus características estructurales y litológicas (Fallas).

Formulación del problema

¿Cuáles son las características hidrogeológicas del manantial El Puquio para determinar su zona de recarga, Cajamarca, Perú, 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Realizar las características hidrogeológicas para determinar la zona de recarga del manantial “El Puquio” ubicado en la provincia de Cajamarca, Perú, 2021.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar los antecedentes estructurales (fallas y unidades litológicas) para identificar la zona de recarga del manantial.
- Evaluar los niveles y la concentración de los parámetros físico-químicos del manantial el Puquio.
- Evaluar los parámetros químicos del río Ronquillo, sector Urubamba, para realizar su clasificación de agua y comparar los resultados para la posible relación que tiene con el manantial el Puquio.
- Comparar los resultados físico-químicos y microbiológicos (coliformes termotolerantes) de ambas muestras con los Estándares de Calidad Ambiental para uso Potable (A1).

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis general

Las características hidrogeológicas del manantial el Puquio permitirán determinar la zona de recargar de este mediante factores estructurales y litológicos que permiten el recorrido de esta agua, así como también el análisis

físico-químico, el cual nos permitirá determinar el tipo de agua que presenta el manantial.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación según la naturaleza de sus datos fue cuantitativa; porque se centró en el análisis y medición numérica de los datos obtenidos en laboratorio (Ruiz, 2011).

El presente trabajo de acuerdo con el propósito de investigación que se realiza es de tipo aplicativo debido a que se centra en encontrar estrategias que permitan lograr un objetivo concreto. Los resultados obtenidos tuvieron propósito de resolver el problema de investigación; Según su profundidad de alcance explicativo, debido a que no solo pretende observar variables, sino también permite estudiar las relaciones de influencia para conocer los factores que intervienen en los fenómenos y su dinámica. Mediante su manipulación de variables tiene un diseño no experimental de corte transversal ya que trabajan con hechos de experiencia directa no manipulados ya que este tipo de investigación se basa fundamentalmente en la observación. (Oblitas, 2018). Lo que nos permitió medir los resultados de manera concluyente en un periodo de tiempo establecido y nos pueda conducir a una respuesta final y de esta manera los resultados obtenidos puedan ser evaluados.

2.2. Población y muestra

La población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados. Es necesario aclarar que cuando se habla de población de estudio, el término no se refiere exclusivamente a seres humanos, sino que también puede corresponder a animales, muestras biológicas, expedientes, hospitales, objetos, familias, organizaciones,

etc.; para estos últimos, podría ser más adecuado utilizar un término análogo, como universo de estudio. (Arias y Villasís, 2016).

Población:

Como población de estudio se tomó las fuentes hídricas de la cuenca del Crisnejas, Subcuenca del río Ronquillo, departamento de Cajamarca, Provincia de Cajamarca.

Muestra:

En campo se procedió a tomar dos muestras puntuales, una del manantial “El Puquio” ubicado en el sector San Sebastián, Cajamarca y la otra en el río Ronquillo ubicado en el sector Urubamba, para luego ser llevado a Laboratorio y proceder con el análisis respectivo.

2.3. Instrumentos y métodos

2.3.1. Técnicas e instrumentos

2.3.1.1. Técnicas

Para esta investigación se realizarán las características hidrogeológicas del manantial “El Puquio” del sector San Sebastián, con el objetivo de analizar sus características físico-químicas para luego determinar su zona de recarga de dicho manantial. Así como también describir la geología en la que este se encuentra con el fin de encontrar su zona de recarga. Seguidamente se mencionarán los métodos y técnicas que se emplearon para la recolección y análisis de datos.

Análisis documental, puesto que pasamos de principios generales a hechos particulares. Esencialmente analizar y encontrar los principios generales de un tema específico: una vez comprobado y verificado que determinado principio es válido, se procede a aplicarlo a contextos particulares. (Torres, 2006)

Observación, los investigadores hacen uso de su propia visión para poder recolectar los primeros datos para proceder con los demás procedimientos.

Entrevista, los investigadores preceden a realizar una reunión con la junta directiva del manantial “El Puquio” para así que tener los permisos necesarios y proceder a realizar las muestras correspondientes.

2.3.2.2. Instrumentos

Formatos:

- Fichas de laboratorio: Se tomó nota de la localización de la muestra, fecha y hora, muestreador.
- Cuaderno de Campo: Anotamos las coordenadas UTM de dicho manantial, algunas observaciones de la geología de la zona.

Figura 1.

Cuaderno De Campo



Nota. Se utilizó un cuaderno de campo para anotar valores relacionados a la ubicación de la zona (GPS). **Fuente:** Propia

Métodos:

Para la ejecución de la recolección de muestras se realizaron los siguientes métodos:

- Método Deductivo de información
- Recolección de datos del manantial

- Análisis de la información obtenida
- Toma de fotografías
- Toma de muestras

3.2. Procedimiento

3.2.2. Etapa de Pre campo o Gabinete I

En esta etapa revisamos la información que existe sobre el tema de investigación y el área de estudio de lugares cercanos a Cajamarca. Primero revisamos diferentes estudios acerca de las características del agua y sus propiedades físico-químicas con la ayuda de portales académicos como Google Académico, DialNet, Redalyc, Scielo, Alicia, Biblioteca UPN entre otros.

Para conocer sobre el área de estudio realizamos el uso de la plataforma INGEMMET y el Boletín 15-F sobre geología del cuadrante de Cajamarca.

Además, descargamos imágenes satelitales con la ayuda del programa Google Earth Pro para realizar nuestro plano de ubicación, también, elaboramos planos geológicos e hidrogeológicos, empleando el software ArcGIS 10.5.

Los criterios de selecciones para obtener las referencias para nuestra investigación fueron el uso de palabras claves como: Características físico-químicas, Manantiales, Hidrogeología, Aguas subterráneas, Fallas.

3.2.3. Etapa de Campo

En esta etapa se realizó la toma de muestras siguiendo un respectivo protocolo para evitar la contaminación de esta, para luego poder ser llevadas al laboratorio para su respectivo análisis.

Recojo de material del laboratorio, se procedió a recoger el material el cual se nos fue entregado en un cooler en el cual contenía: 6 frascos de plástico y 2 frascos de vidrio los cuales fueron debidamente esterilizados, ácido nítrico (HNO_3), Ice pack y guantes esterilizados.

Figura 2.

Materiales Para Muestreo De Agua



Nota. Frascos de plástico y vidrio totalmente esterilizados para muestrear en el manantial y en su zona de recarga. **Fuente:** Propia

Tabla 1

Materiales para Muestreo de Agua

N°	Nombre
1	Cooler
2	Frasco de plástico (TDS y Alcalinidad)
3	Frasco de Plástico (Metales Disueltos y Dureza)
4	Frasco de plástico (Aniones)
5	Frasco de Vidrio (Coliformes Fecales)
6	Ácido Nítrico (HNO ₃)
7	Guantes Quirúrgicos
8	Refrigerante

Fuente: Propia

La primera muestra se tomó en el manantial “El Puquio” ubicado en la ciudad de Cajamarca, departamento de Cajamarca en el cual se consideró el protocolo establecido por el laboratorio.

Toma de muestra en el manantial.

Procedimos a colocarnos los guantes quirúrgicos para no contaminar los materiales.

Figura 3.

Emplear Guantes Quirúrgicos



Nota. Se utilizaron guantes quirúrgicos para no contaminar la muestra con residuos indeseables. **Fuente:** Propia

Enjuagamos cada frasco 3 veces para así contaminar el material con el agua del manantial con el fin de reducir los posibles contaminantes indeseables que se hayan podido adquirir en el proceso de muestreo.

Figura 4.

Contaminación De Frascos Con Agua En El Manantial



Nota. *Se procedió a enjuagar los frascos con el agua del manantial para contaminar los frascos. Fuente: Propia*

Se procedió a realizar el llenado del primer frasco que corresponde a TDS y Alcalinidad hasta el nivel del cuello de la botella, seguidamente se hizo el mismo procedimiento para el segundo frasco correspondiente a Aniones, para el tercer frasco perteneciente a Metales disueltos y Dureza después de estar llenado hasta el cuello se procedió a colocar 25 gotas de ácido nítrico (HNO_3) y finalmente se procedió a llenar el frasco de vidrio esterilizado destinado para el análisis microbiológico el cual solo fue llenado $\frac{3}{4}$ de este por el protocolo del laboratorio.

Figura5.

Llenado De Los Frascos En El Manantial



Nota. Se comenzó a muestrear en el primer punto (Manantial). Fuente: Propia

Procedimos a llenar las etiquetas de los frascos de muestreo con la ayuda de un lapicero de tinta indeleble.

Figura6.

Llenado De Etiquetas De Los Frascos De Muestreo



Nota. Para evitar confusiones se llenaron los frascos de manera correcta de cada muestra en campo. Fuente: Propia

Terminado este proceso las muestras son colocadas en el cooler para poder ser conservadas en una buena temperatura hasta ser llevadas al laboratorio, se debe tener en cuenta el cuidado de su trasporta ya que los frascos de vidrio pueden romperse en el proceso.

Figura 7.

Muestras Colocadas En El Cooler Para Su Transporte



Nota. Se procedió a llevar lo frascos con las muestras de agua con mucho cuidado evitando la ruptura de alguno de estos. Fuente: Propia

El segundo punto de muestreo fue el Río Ronquillo, en el sector de Urubamba baja. Para la toma de esta muestra se realizó el mismo procedimiento que se hizo para el agua del manantial, teniendo en cuenta algunas consideraciones:

Cuando el muestreo se hizo en río debimos realizarla en un lugar donde haya un buen cause, no debemos tomar la muestra en agua estancada o empozada y de bajo flujo, ya que, si realizamos la toma de muestra en esa zona, los datos que obtengamos de laboratorio serán erróneos.

Figura 8

Punto De Muestreo "Río Ronquillo"



Fuente: *Propia*

Siguiendo los pasos anteriores (primera muestra) en este caso también enjuagamos (contaminamos) 3 veces de los frascos con el agua del río, pero sumergidos aproximadamente entre 10 a 15 cm por debajo del nivel del agua.

Figura 9

Contaminación De Frascos En El Río



Nota. Se procedió a enjuagar los frascos con el agua del río para contaminar los frascos.

Fuente: Propia

Figura 10

Llenado De Frascos De Muestreo



Nota. Se comenzó a muestrear en el segundo punto (río). **Fuente:** Propia

Parámetros no específicos tomados en campo

En cada punto de muestreo, además de realizar las muestras para el laboratorio se tomaron algunos datos con la ayuda de los pH-metros combo Hanna, los cuales fueron calibrados antes de ser usados, con estos obtuvimos algunos parámetros como:

PH, conductividad eléctrica, temperatura, TDS y ORP. Ya que estos parámetros son mejor tomados in situ.

Primero se enjuagó una jarra milimetrada 3 veces, para que al igual que los frascos esta sea contaminada con el agua del manantial y del río respectivamente.

Luego se llenó la jarra hasta la mitad y seguidamente se colocaron los pH metros.

Figura 11.

Toma De Datos Con El Ph-Metro



Nota. Se tomaron los parámetros de pH y Conductividad Eléctrica con ayuda de un pH-metro en cada punto de muestreo. **Fuente:** Propia

3.2.4. Etapa Post campo o Gabinete II

En esta etapa se ubicó los puntos de muestreo en el plano geológico realizado anteriormente en gabinete, el cual nos sirvió para poder identificar las unidades litológicas y estructurales de nuestra zona de investigación.

Se utilizó el programa Easy Quim 4.0 para el procesamiento de nuestros datos obtenidos del laboratorio teniendo en cuenta los datos que el programa los requiera. También utilizamos el programa Excel el cual nos sirvió de plantilla para importar nuestros datos.

Figura 12

Interfaz Easy Quim 4.0

EASY_QUIM.4
Autor: Erik Vázquez Sullé (1999)
(Actualizado 2011)

OPCIONES DE PIPER
SI QUIERES QUE EN EL DIAGRAMA DE PIPER TE REPRESENTE LAS SUMAS DE (Cl + NO3) Y (Na + K) PON UN 0 EN LA CELDA INFERIOR
SI QUIERES ÚNICAMENTE (Cl) Y (Na) PON UN 1

1

APRIETAR AQUÍ PARA RECALCULAR LOS GRAFICOS (Según la ACCION sea SI / NO)
Esta opción solo puede utilizarse una vez

TABLA DE ANALISIS QUIMICOS Y RELACIONES IONICAS (IONES MAYORITARIOS)																			
ACCION	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Fecha																			
Coord x																			
Coord y																			
DE vólom																			
pH																			
TAC																			
DUR																			
TSD																			
aniones	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
HCO3-																			
SO4-																			
Cl-																			
NO3-																			
sum aniones																			
catones	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Na+																			
K+																			
Ca++																			
Mg++																			
sum cationes																			
MHA	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Cl+NO3-																			
Na+ + K+																			
aniones (meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
HCO3-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NO3-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl+NO3-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sum aniones	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
catones (meq/l)	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
Na+ + K+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: EASY_QUIM 4.0

A continuación, se procedió a colocar los valores de acuerdo a los resultados del laboratorio (Conductiva eléctrica, pH, TAC, DUR, TSD, HCO3-, SO4, CL, NO3, Na, K, Ca, Mg).

Figura 13

Easy Quim Con Los Valores Del Laboratorio

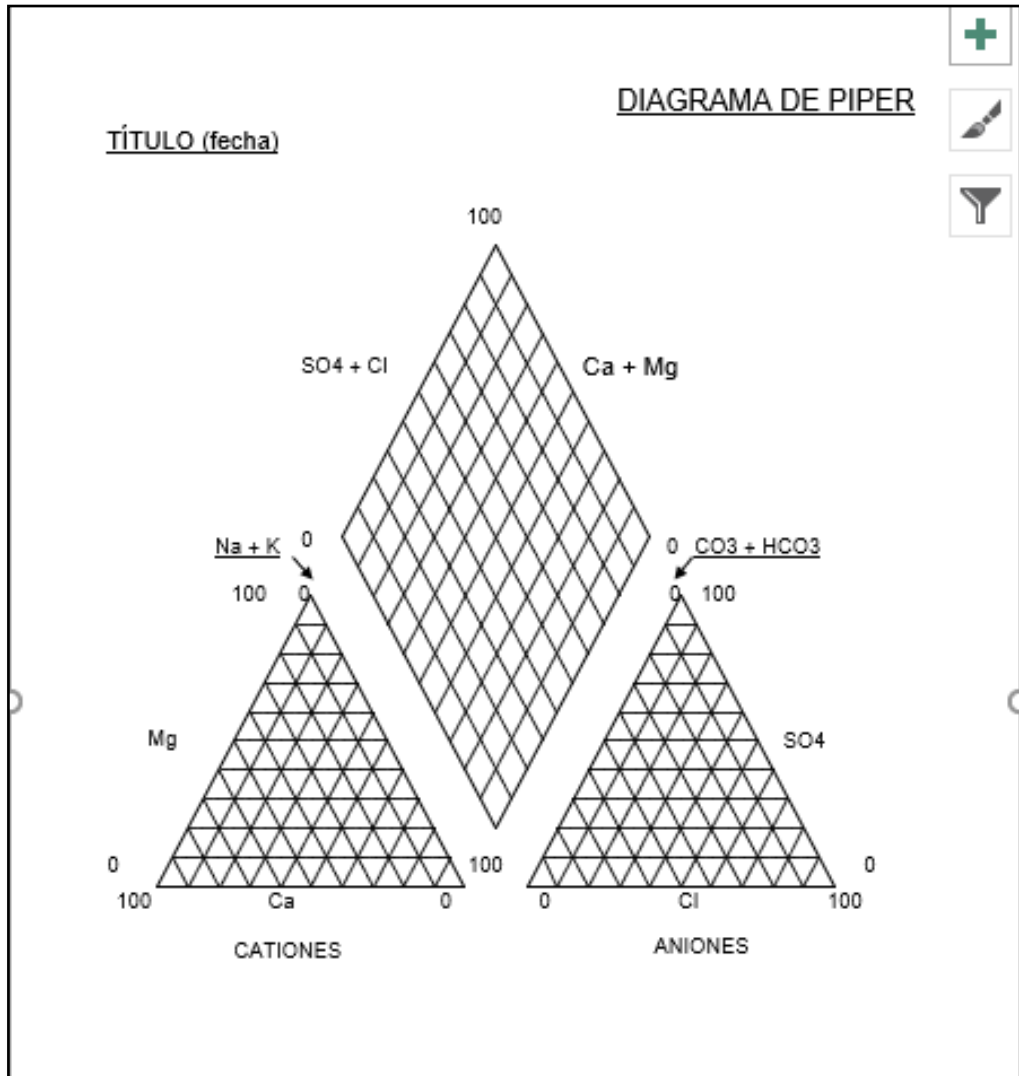
EASY_QUIM.4			
Autor: Enric Vázquez Suñé (1999) (Actualizado 2001)			
OPCIONES DE PIPER SI QUIERES QUE EN EL DIAGRAMA DE PIPER TE REPRESENTE LAS SUMAS DE (Cl + NO3) Y (Na + K) PON UN 0 EN LA CELDA INFERIOR SI QUIERES UNICAMENTE (Cl) Y (Na) PON UN 1			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin: 5px;">0</div>			
Esta opción sólo puede utilizarse			
TABLA DE ANALISIS QUIMICOS Y RELACION			
ACCION		si	si
Coord Coord	Fecha	22-Feb-21	22-Feb-21
	Pozo	Manantial	Río Ronquillo
x		775126	771987
y		9207451	9208356
	CE uS/cm	191.00	394.00
	pH	6.66	7.96
	TAC	91.80	227.40
	DUR	50.40	168.60
	TSD	133.00	272.50
aniones		mg/l	mg/l
	HCO3-	0.00	0.00
	SO4=	11.22	8.76
	Cl-	0.52	0.70
	NO3-	0.45	0.86
	sum aniones	12.19	10.32
cationes		mg/l	mg/l
	Na+	16.68	3.65
	K+	4.82	0.60
	Ca++	13.20	56.39
	Mg++	4.60	6.63
	sum cationes	39.3	67.27
		mg/l	mg/l
	NH4+	0	0
	Cl-+NO3-	0.97	1.56
	Na++K+	21.5	4.25

Nota. La imagen los valores del manantial y de su zona de recarga (Río Ronquillo) Fuente: Propia

Luego de colocar los valores en este programa se obtiene los diagramas de Piper, Schoeller y SAR.

Figura 14

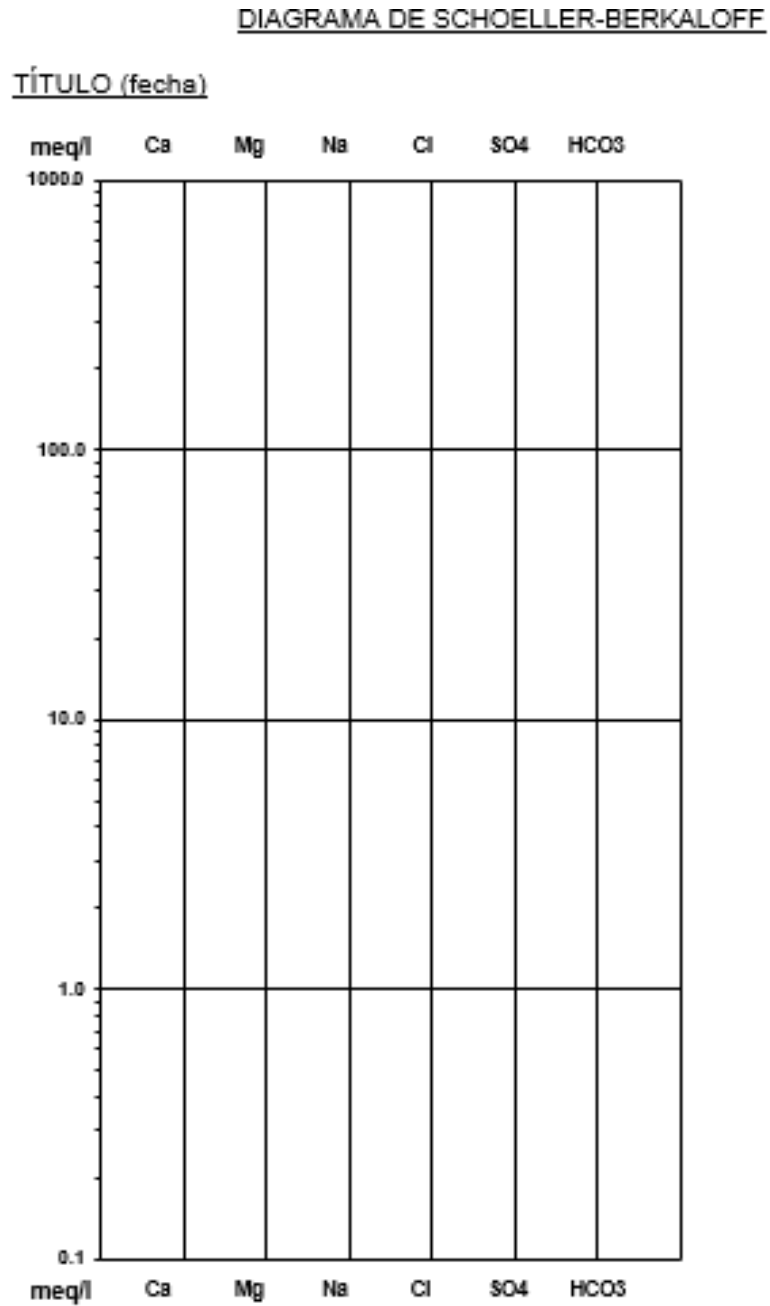
Diagrama De Piper



Nota. Diagrama utilizado para presentar la proporción de 3 componentes ($Ca^{++} / Mg^{++} / Na^{+} + K^{+}$) que contribuyen en la composición de una sustancia (agua). **Fuente:** EASY QUIM 4.0

Figura 15

Diagrama de Schoeller

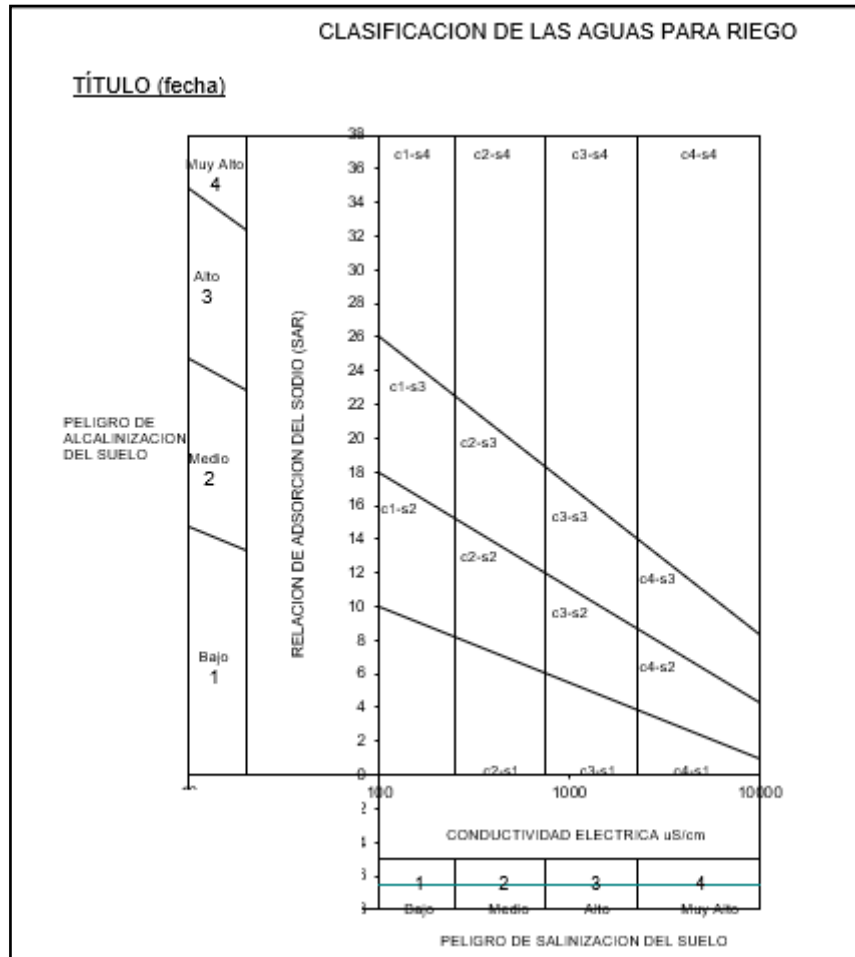


Nota. Permite clasificar los diferentes tipos de agua en una misma línea de flujo permite establecer la evolución del agua en el acuífero, así como determinar los procesos modificatorios, como intercambio iónico, procesos de oxido reducción y mezcla de diferentes tipos de agua.

Fuente: EASY QUIM 4.0

Figura 16

Diagrama De Sar



Nota. Diagrama utilizado para la interpretación de un agua de riego en función de varios de sus parámetros. **Fuente:** EASY QUIM 4.0

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Ubicación

3.1.1. Ubicación geográfica

La zona de estudio se encuentra a una altitud entre los 2750 m.s.n.m en la ciudad de Cajamarca, provincia de Cajamarca, distrito de Cajamarca y está ubicada en el cuadrángulo de Cajamarca (15-f). Con la siguiente posición geográfica.

Tabla2

Coordenadas De La Zona De Estudio

Vértice	Norte	Este
1	9209853	775560
2	9207225	775854
3	9207325	771481
4	9209974	771481

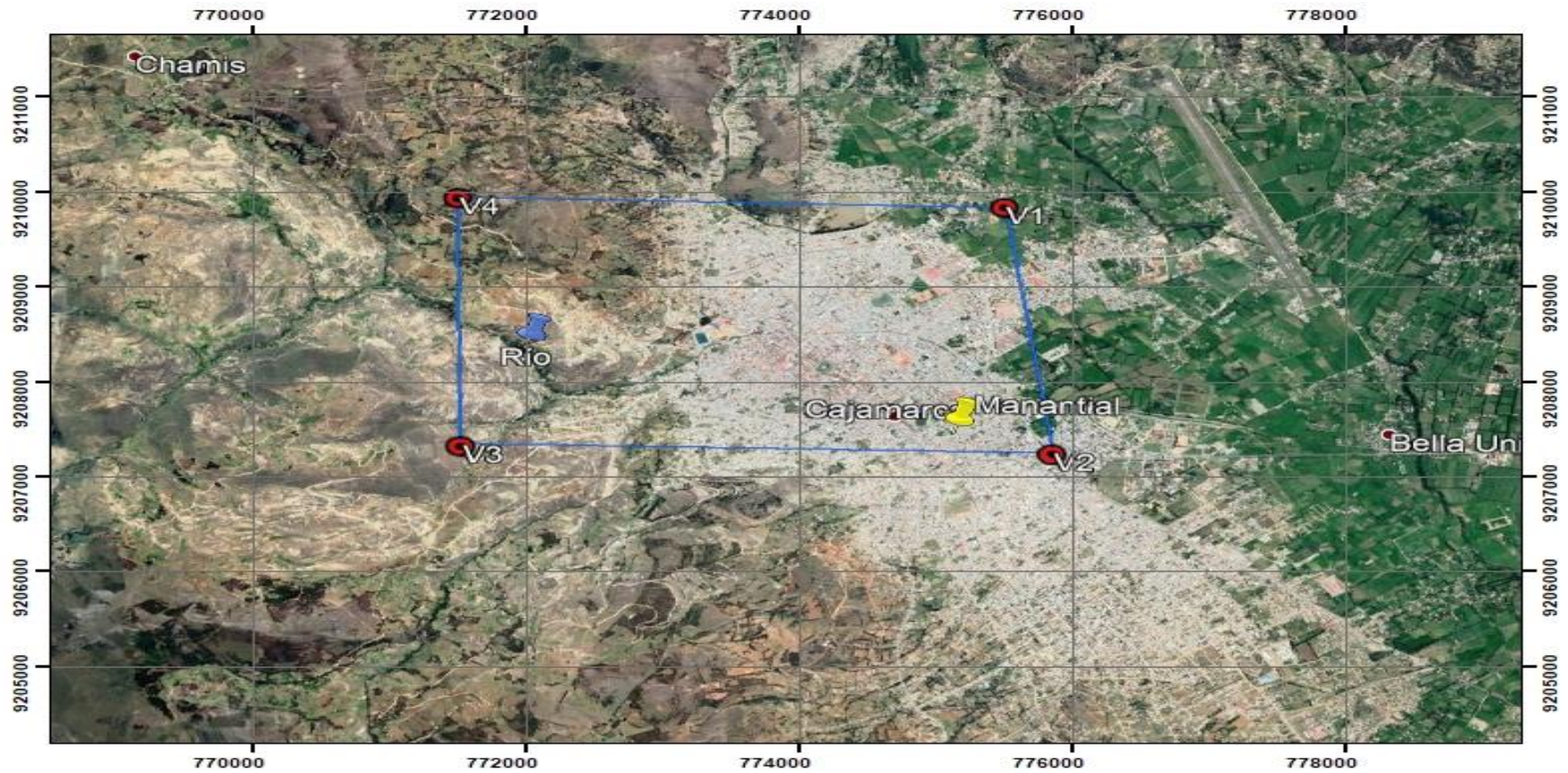
Nota: Sistema de Coordenadas Utilizado es UTM – WGS84, zona 17S. Fuente: Propia

3.1.2. Ubicación política

El área de estudio se encuentra en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca
Zona 17S.

Figura 17

Mapa de Ubicación



Fuente. *Google Earth 2020*

3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio es mediante carretera de tipo trocha. Teniendo un acceso asfaltado.

Este acceso es por el Jirón Cumbemayo cuadra 1, a una distancia de 248m. con un tiempo de 10 minutos; que inicia en la plazuela Bolognesi (Cajamarca), luego continuamos por la avenida San Martín de Porres cuadra 1.

Tabla3

Coordenadas del manantial "El Puquio"

MANANTIAL "EL PUQUIO"	
ESTE:	775126
NORTE:	9207451
COTA:	2713

Fuente: *Propia*

Tabla4

Coordenadas Del Río Ronquillo

RÍO RONQUILLO	
ESTE:	771987
NORTE:	9208358
COTA:	2833

Fuente: *Propia*

Figura18.

Accesibilidad A La Zona De Estudio



Nota. Se muestra la accesibilidad al manantial y a su zona de recarga teniendo como referencia la Plaza de Armas de la ciudad de Cajamarca. **Fuente:** Google Earth 2020

3.3. Clima

El clima de esta región es variado, frío en las alturas, templado en los valles y cálido en las quebradas. Los climas templados y frío, tiene como características generales las temperaturas elevadas (más de °C) y bajas temperaturas nocturnas que descienden a 0 °C a partir de los 3 mil metros de altitud, por lo general en los meses de invierno. La humedad es baja, clima seco y la precipitación es bastante durante el verano.

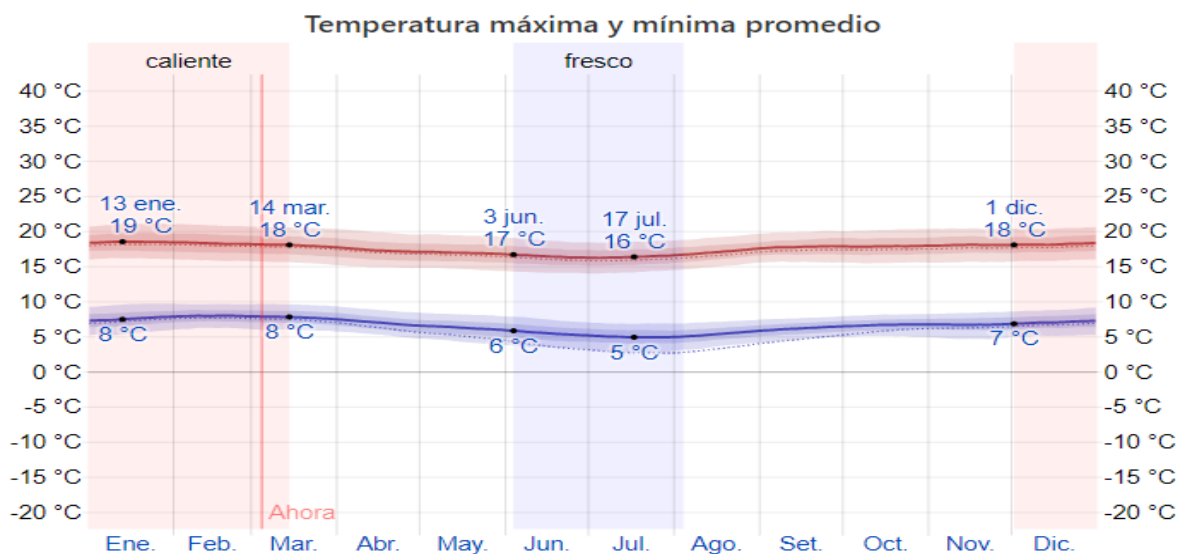
El clima es templado, seco y soleado en el día y frío en la noche. Las temperaturas varían entre una media de 13°C en invierno y 14.5°C en verano

El otoño y el invierno, es templado durante el día y refrigerado en las noches, se dan entre los meses de abril y noviembre, mientras que la temporada de lluvias se da entre los meses de diciembre y marzo.

Los Andes cajamarquinos son semi áridos. Cajamarca es el punto inicial entre los andes secos del sur y los andes húmedos del Ecuador y Colombia. Hay una estación definida de lluvias que se reflejan en los datos de radiación solar. (SENAMHI, 2020)

Figura 19

Temperatura Máxima Y Mínima



Nota. Temperatura máxima y mínima promedio. La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

Fuente: SENAMHI-Cajamarca

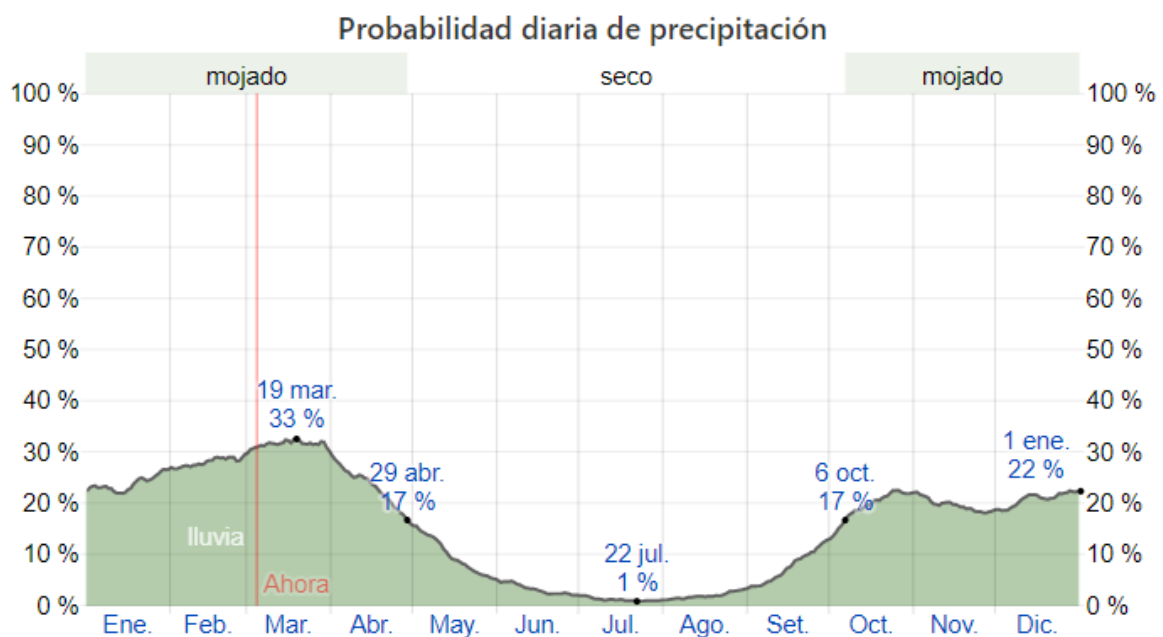
3.4. Precipitaciones

Cajamarca tiene una variación considerable de lluvia mensual por estación.

La temporada de lluvia dura 8 meses, del 19 de septiembre al 19 de mayo, con un intervalo de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante 31 días centrado alrededor del 20 de mayo.

El periodo del año sin lluvia dura 4 meses, del 19 de septiembre. La fecha aproximada con la menos cantidad de lluvia es el 21 de julio.

Figura 20. Probabilidad diaria de Precipitación



Nota. El porcentaje de días en los que se observan diferentes tipos de precipitación, excluidas las cantidades ínfimas: solo lluvia, solo nieve, mezcla (llovió y nevó el mismo día). **Fuente:** SINAMHI-Cajamarca

3.5. Temperatura del Agua

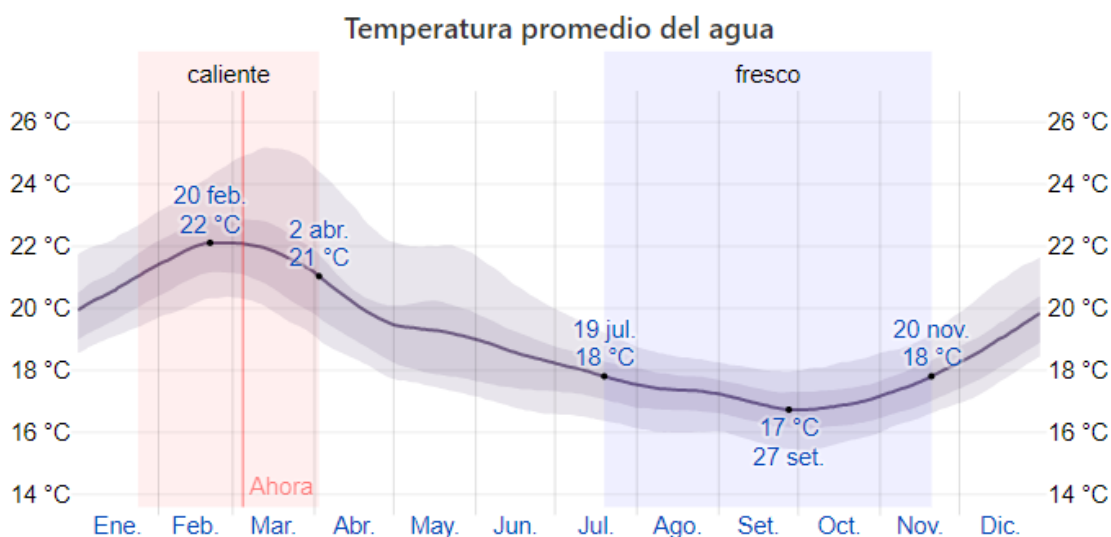
Cajamarca se encuentra cerca de una masa grande de agua (p. ej. un océano, mar o lago grande). Esta sección reporta la temperatura promedio de la superficie del agua de un área amplia.

La temperatura promedio del agua tiene variaciones estacionales extremadas durante el año.

La época del año cuando el agua está más caliente dura 2.3 meses, del 24 de enero al 2 de abril, con una temperatura promedio superior a 21 °C. El día del año cuando el agua está más caliente es el 20 de febrero, con una temperatura promedio de 22 °C.

La época del año cuando el agua está más fría dura 4.0 meses, del 19 de julio al 20 de noviembre, con una temperatura promedio inferior a 18 °C. El día del año cuando el agua está más fría es el 27 de setiembre, con una temperatura promedio de 17 °C.

Figura 21. Temperatura Promedio del Agua.



Nota. La temperatura diaria promedio del agua (línea púrpura), con las bandas de los percentiles

25° a 75° y 10° a 90°. Fuente: SINAMHI-Cajamarca

3.6. Flora y Fauna

El departamento de Cajamarca produce variedades de capulí, tuna y chirimoya, esta última sobre todo en el pueblo de Cunish, distrito de San Pablo. La flora cajamarquina ofrece además otras variedades de flores y frutos, propios e importados, aclimatados en esa tierra singular, donde crecen mejor que en su lugar de origen, como las hortensias oriundas del Japón, que en Chugur (Hualgayoc), por ejemplo, crecen como árboles de hasta 2 o más metros de altura. Un ramo de hortensias es una sola hortensia, cuyo diámetro alcanza hasta 50 cm.

3.7. Geología Regional

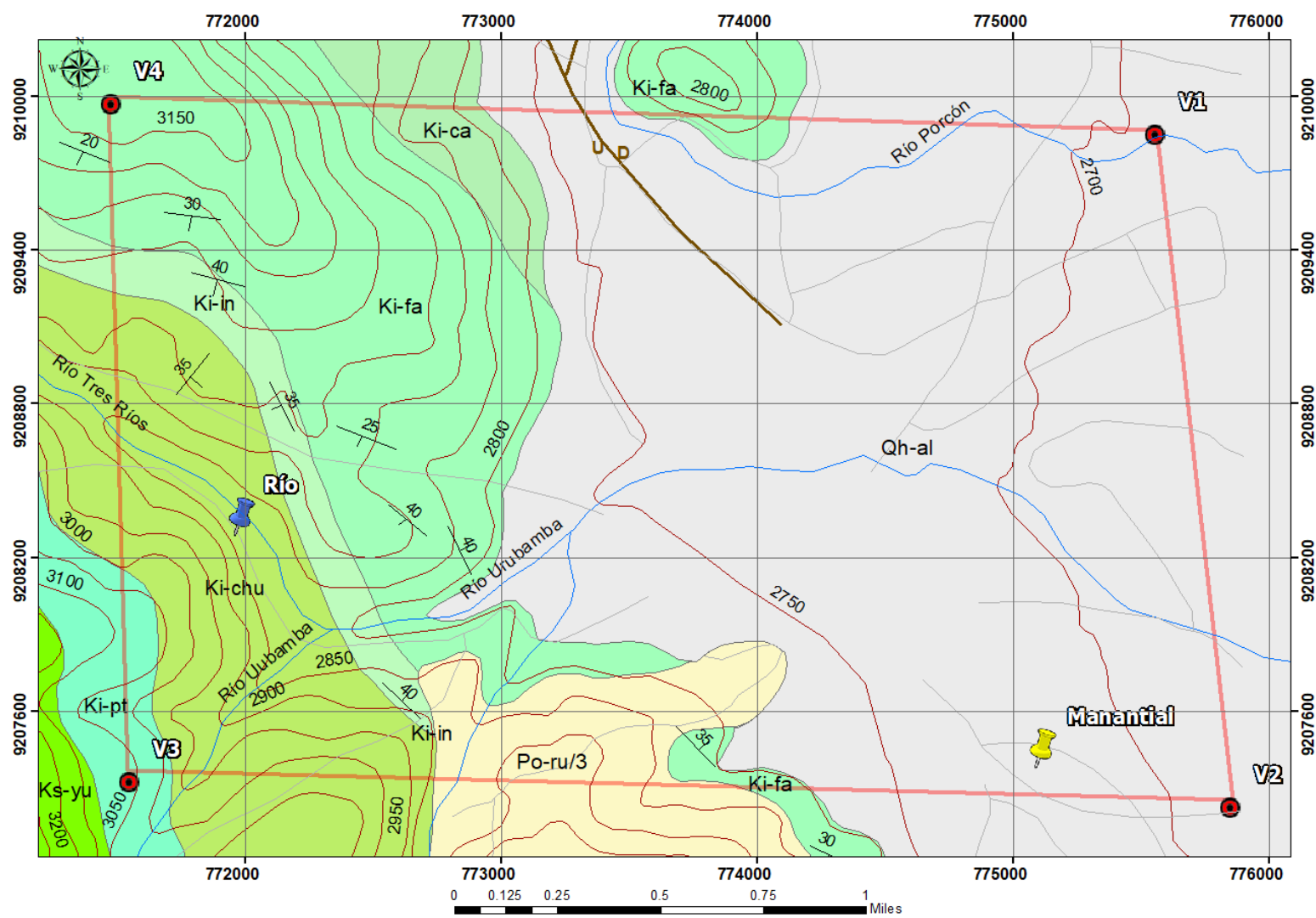
Figura 22

Columna Estratigráfica De Cajamarca

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	Grosor (m)	LITOLOGIA	DESCRIPCION	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Dep. fluviales y aluviales			Arenas, gravas. Limos, arcillas.	
		PLEISTOCENO	Dep. lagunares y glaciares			Conglomerados, areniscas y arcillas rojas.	
		PLIOCENO	Formación Condebamba	150		Lutitas, lodolitas, areniscas finas blanco amarillentas.	
	NEOGENO	MIOCENO	Sup.	Formación Bambamarca	300		Tobas dacíticas y traquiandesíticas blanquecinas. Disc. ang.
			Inf.				Tobas blanco amarillentas intercaladas con areniscas. rojizas, aglomerados y piroclastos. Dacita
	PALEOGENO	OLIGOCENO	Grupo Calipuy	Formación Porculla	2100		Intercalación de derrames andesíticos, tobas blanquecinas. areniscas tobáceas y conglomerados lenticulares. Diorita
				Formación Llama	600		Tobas blanquecinas intercaladas con delgados lechos de areniscas y lutitas tobáceas.
		EOCENO				Derrames y brechas andesíticas.	
		PALEOCENO					Conglomerados con cantos de cuarcita. Disc. ang.
	MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Formación Chota	500		Conglomerados con cantos de calizas y areniscas rojizas
Formación Celendín				200		Calizas, margas y lutitas gris amarillentas.	
Formación Cajamarca				600-700		Calizas gris azuladas, macizas, con delgadas intercalaciones de lutitas y margas.	
Grupo Quilquián				500		Calizas nodulares macizas, margas y lutitas pardo- amarillentas fosilíferas.	
Grupo Pullucana				700		Calizas gris parduscas, fosilíferas, margas y escasos niveles de lutitas.	
INFERIOR			Formación Pariatambo	150-200		Lutitas grises o negras, calizas bituminosas nodulares.	
			Formación Chulec	200-250		Calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas.	
			Formación Inca	150		Areniscas calcáreas y limolitas ferruginosas.	
			Grupo Cuyllarisquisga				Cuarcitas y areniscas blancas.
			Formación Farrat	500		Areniscas rojizas y cuarcitas blancas intercaladas con lutitas grises.	
JURASICO		SUPERIOR	Formación Carhuáz	500		Lutitas grises y calizas margosas.	
			Formación Santa	150-100		Areniscas, cuarcitas, lutitas y niveles de carbón en la parte inferior, principalmente cuarcitas en la parte superior.	
			Formación Chimú	80-800		Lutitas negras, laminares y deleznales, con intercalaciones de areniscas grises y horizontes arcillosos. Disc. ang.	
TRIASICO	SUPERIOR	Formación Chicama	500		Tobas, brechas y derrames andesíticos. Tonalita/granodiorita		
		Grupo Pucará	700-800		Calizas gris azuladas, macizas con nódulos silíceos.		
PALEOZOICO	SUP.	PERMIANO	Grupo Mitu	300		Areniscas, limolitas y conglomerados rojizos. Disc. ang.	
	INF.	ORDOVICIANO	Formación Salas	?		Filitas pelíticas y tobáceas de colores marrones y negruzcos con algunas cuarcitas hacia la parte superior. Disc. ang.	
PROTEROZOICO			Complejo Olmos	?		Esquistos gris verdosos y anfíbolitas.	

Fuente: Orbasa Geología UNC (2013)

PLANO GEOLOGICO



LEYENDA

- UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS**
- Deposito Aluvial (Qh-al)
 - Formación Pariatambo (Ki-pt)
 - Formación chulec (Ki-chu)
 - Formación inca (Ki-in)
 - Formación farrat (Ki-fa)
 - Formación Carhuaz (Ki-ca)
 - Formación yumagual (Ks-yu)
 - Formación Huambos (Nm-huam)

- SÍMBOLOS**
- Buzamiento
 - Vias de Acceso
 - Falla Normal
 - Drenaje
 - Topo_Clip
 - Manantial
 - Río
 - Área de Estudio

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA Carrera Profesional de Ingeniería Geológica	
TE SIS: Caracterización Hidrogeológica para determinar la calidad del agua y zona de recarga del manantial "El Puquio" ubicado en la provincia de Cajamarca, ciudad de Cajamarca 2021	
TE SISTA S: Bach. Diego Alexander Boñon Vargas Bach. Angiel Regina Mercado Cortez	
ASESOR: ING. Portilla Castañeda, M.	PLANO N° 01
ESCALA: 1:15000	
ZONA: CAJAMARCA / CAJAMARCA / CAJAMARCA	

3.7.1. Cretáceo

3.7.1.1. Grupo Goyllarisquizga

3.7.1.1.1. Formación Chimú (Ki-Chi)

La formación Chimú consiste en una alternancia de areniscas cuarzosas y lutitas en la parte inferior y de una potente secuencia de cuarcitas blancas, en bancos gruesos, en la parte superior. Las areniscas generalmente son de grano mediano a grueso. Tiene un grosor aproximado de 600 m. (Cruzado, 2011).

3.7.1.1.2. Formación Carhuaz (Ki-ca)

Consiste en la intercalación de areniscas (rojizas, violetas y verdosas; características principales para diferenciarla en campo) con lutitas grises. Hacia la parte superior contiene bancos de areniscas cuarzosas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas (Cruzado, 2011).

3.7.1.1.3. Formación Farrat (Ki-fa)

Esta formación consiste de areniscas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m. en algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje. (Cruzado, 2011).

3.7.1.2. Formación Inca (Ki-in)

Consta de la intercalación de areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas dando en superficie un matiz amarillento. En los alrededores de Cajamarca es de coloración rojiza.

Su grosor aproximado es de 100 m. Infrayace concordantemente a la formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la formación Farrat. (Cruzado, 2011)

3.7.1.3. Formación Chulec (Ki-chu)

Esta formación 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. Su grosor varía de 200 a 250 m. (Cruzado, 2011).

3.7.1.4. Formación Pariatambo (Ki-pt)

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. (Cruzado, 2011).

3.7.1.5. Formación Yumagual (Ks-yu)

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. En algunos horizontes se observan nodulaciones calcáreas. Tiene un grosor aproximado de 700 m. (Cruzado, 2011).

3.7.1.6. Depósito Aluvial (Qh-al)

Dentro de los depósitos aluviales se han considerado los materiales con poco transporte, y en los fluviales se consideran las diferentes terrazas dejadas por los ríos. Depósitos que se acumulan en áreas favorables en los flancos de los valles y quebradas tributarias, están conformados por conglomerados polimícticos poco

consolidados, con clastos de tamaño heterogéneo englobados en una matriz limo arcillosa. (Cruzado, 2011).

3.7.1.7. Formación Huambos (Nm-vh)

Huambos está compuesto por tobas y brechas de composición ácida. La litología común muestra fragmentos de cuarzo hasta de 3 mm. De diámetro y cristales de biotita en una matriz feldespática que probablemente corresponde a una toba dacítica. Se encuentran brechas dacíticas compuestas por bloques grandes de toba envueltos por una matriz tobácea, esta litología se observa en el cuadrángulo de Chota. (Cruzado, 2011).

3.8. Geología

3.8.1. Análisis Estructural

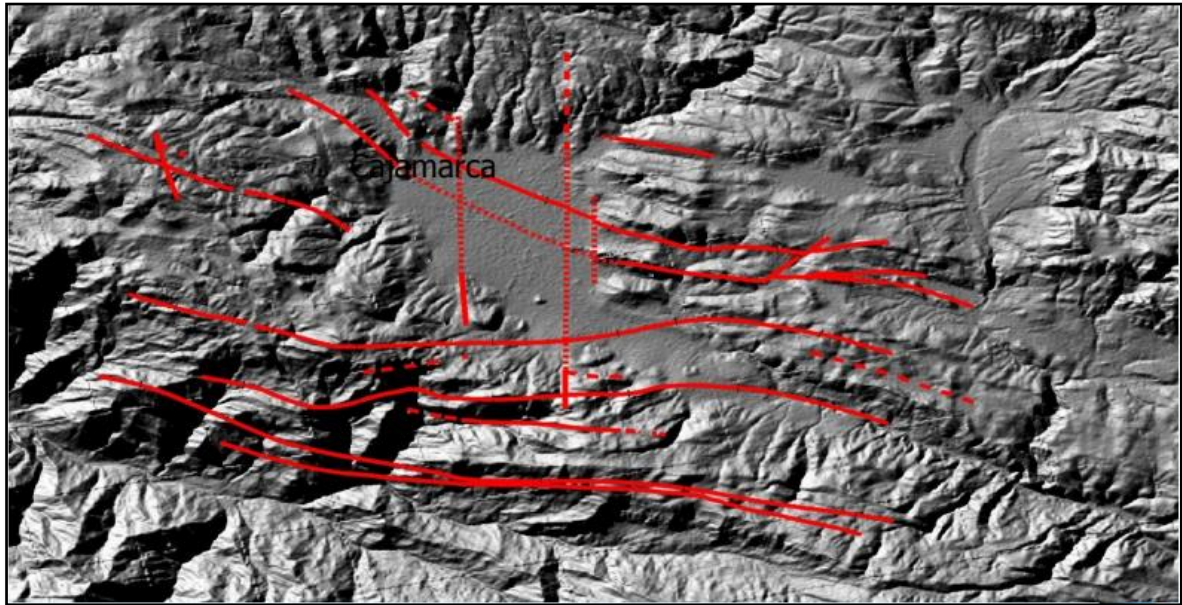
En el área del departamento de Cajamarca se evidencian una serie de fallas, que han sido originados por fuerzas distensivas y compresionales efectuadas durante el levantamiento de los andes (formación Inca), siguiendo el rumbo del alineamiento andino. Estas estructuras se encuentran bien desarrolladas especialmente donde existen plegamientos, pues en algunos casos constituyen consecuencias de los efectos ocasionados por estos últimos.

En el sector Urubamba de la localidad de Cajamarca se encuentra una zona de fallas, situación que pone a la ciudad de Cajamarca en una condición vulnerable. (INGEMMET 2004).

Según Peña, F. (2014) nos muestra las principales fallas existentes en la ciudad de Cajamarca y sus alrededores donde nos menciona que las estructuras dominantes son pliegues de la edad post cretácico. También considera otras estructuras como fallas normales o cizallas de rumbo anti andino (N-S).

Figura23

Modelo De Mapeo Estructural En Cajamarca



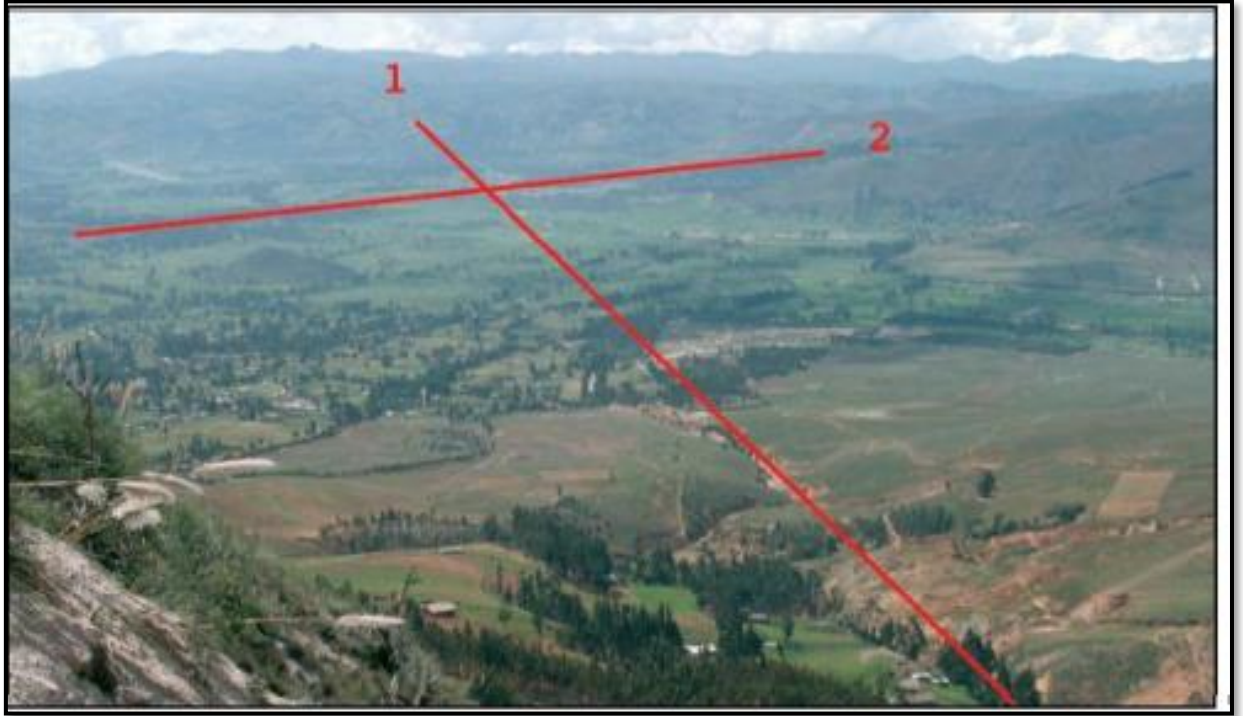
Nota. Mapeo realizado para identificar las principales fallas en Cajamarca que dan origen a las fuentes termales de Baños del Inca. Fuente. Peña, F (2014)

Según el modelo estructural de la zona de Cajamarca se puede deducir que gracias a la intersección de dos fallas se produjo la infiltración de agua en la zona de Baños del Inca dando origen a muchas fuentes hidrotermales que hay en dicho lugar.

Según la investigación de Peña, F. (2014) nos dice que el acuífero principal, es un estrato fuertemente permeable de areniscas cuarzosas pertenecientes a la Formación Chimú que se encuentra en profundidad y constituye el ambiente de formación de las aguas termales. Esta misma formación aflora al sur de Cajamarca, cerca al anticlinal del Yumagual, donde constituye el área de alimentación y recarga. En profundidad el estrato es intersectado por una falla de cabalgamiento, que pone en contacto directo con otro estrato permeable, las areniscas de la Formación Farrat por donde también interactúa el agua termal.

Figura 24

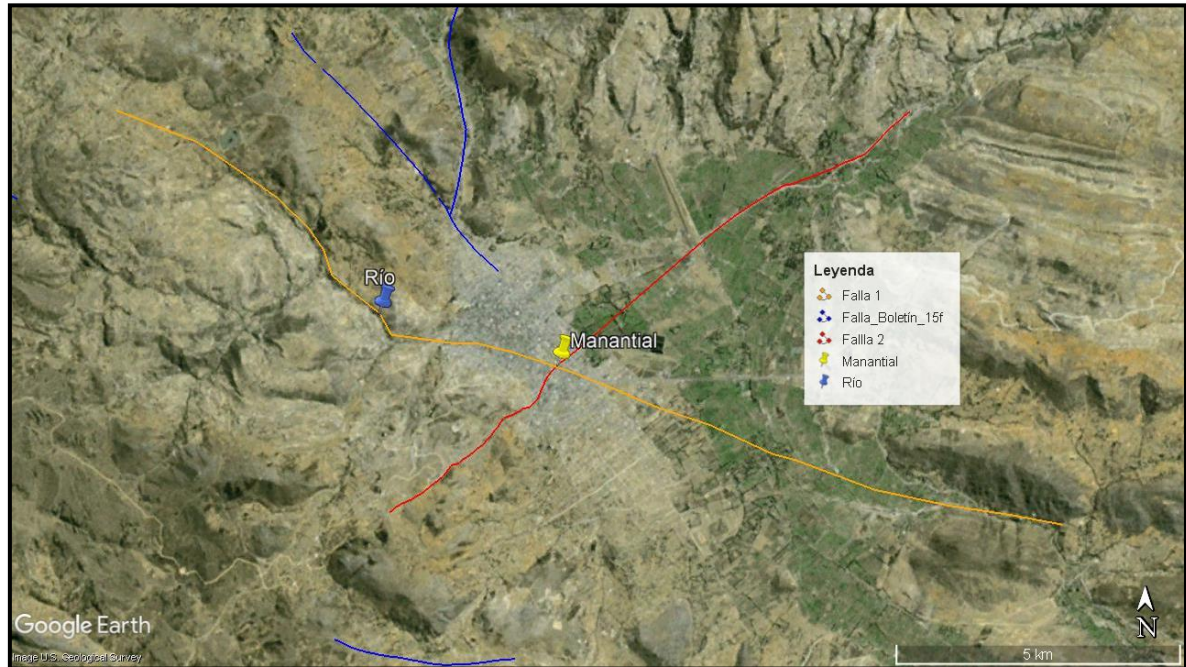
Intersección De Fallas



Nota. Como se muestra en la imagen la falla 1 tiene una orientación de N-S la cual se interseca con el eje 2 el cual le pertenece al anticlinal de baños del inca. **Fuente:** Peña, F. (2014)

Figura 25

Intersección De Fallas Del Manantial "El Puquio"



Nota. La falla 1 tiene una orientación de NW-SE intersectada con la falla inferida 2. **Fuente:** Google Earth.

Teniendo en cuenta el estudio realizado por Peña, F. en el año (2014) el cual nos muestra el modelo estructural de la ciudad de Cajamarca, en la que podemos apreciar las fallas principales que predominan en esta zona. Se tomó en cuenta el lugar del segundo punto de muestreo, el cual vendría a ser en el Río Ronquillo en el sector de Urubamba, ya que este podría tener influencia a lo largo de la falla haciendo llegar el agua hasta la zona del manantial en el Sector de San Sebastián de la ciudad de Cajamarca.

Para que se produzca un manantial o la infiltración de agua se debe principalmente a las fallas y a las unidades litológicas que se presentan en la zona, en este caso hay una falla principal (1) que se intersecta con una segunda la cual es una falla inferida (2), considerando la geomorfología de la zona según Google Earth del año 1969.

Posiblemente esta intersección de fallas sea lo que produjo la existencia del manantial “El Puquio” ubicado en la ciudad de Cajamarca. Siendo así el Río Ronquillo la fuente de recarga de este manantial, el cual, por la geomorfología y las estructuras geológicas como fallas, fracturamiento, entre otros aprovecha para que el agua se pueda infiltrar por dichas zonas de debilidad y hacer posible este punto de agua.

En la figura 25 no se puede apreciar la geometría de las fallas debido a que estos han sido cubiertos por una capa de sedimentos coluviales y fluviales pertenecientes al cuaternario.

3.8.2. Hidrología

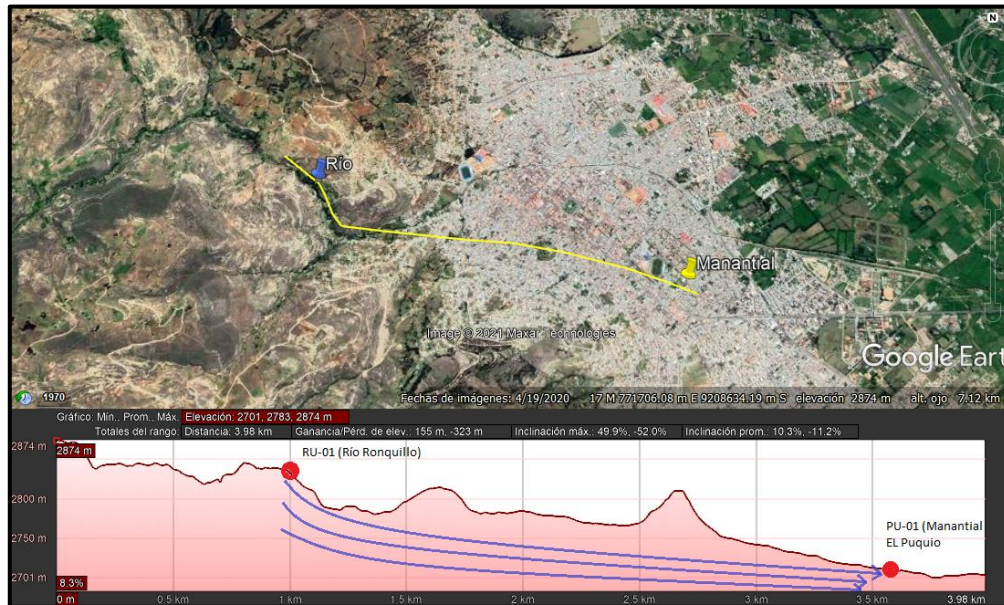
Constituye los drenajes por donde discurren las aguas pluviales en las estaciones lluviosas. El sistema de flujo es mayormente dendrítico en las partes altas de las estribaciones, este drenaje se inicia con la quebrada Urubamba y tres ríos, los cuales forman el río Urubamba, en seguida se unen con el río Ronquillo y el río San Vicente, los que pasan a ser afluentes del río San Lucas, luego siguiendo la dirección oeste-este, van a parar a la desembocadura del río Mashcón, para en seguida entregar sus aguas al río Cajamarquino, posteriormente al río Criznejas, río Marañón, río Amazonas hasta su desembocadura en el océano Atlántico. Las nacientes fluviales son torrentes muy erosivos, especialmente en la sección lateral y de fondo, constituyéndose en agentes transportadores de materiales, para luego continuar con un proceso de sedimentación, las cuales coinciden con la parte Este y Suroeste de la ciudad de Cajamarca. Los materiales transportados son mayormente sedimentos arenosos a gravas finas de cuarzo, feldespatos y micáceos, resultados de la erosión de las formaciones cretáceas y volcánicos del terciario (MPC 2014).

El perfil de elevación elaborado a lo largo de la falla interceptando los puntos de muestreo del manantial “El Puquio” y el río Ronquillo nos permitió observar nuestra posible zona de

recarga ya que podemos apreciar según la figura 26 que el punto de muestreo del río tiene una elevación mucho más alta a la del manantial la cual podría favorecer a la recarga de este.

Figura 26

Perfil De Elevación



Nota. Perfil de elevación interceptando los dos puntos de muestreo. Fuente: Google Earth

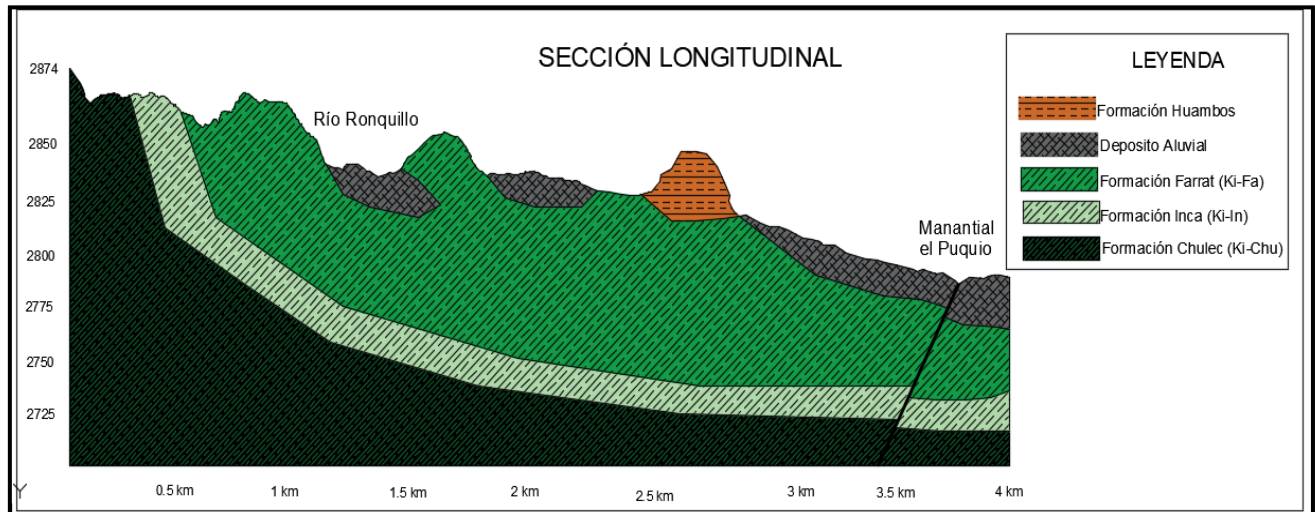
Como se puede apreciar en la figura 26 las líneas de flujo que se encuentran de color azul en el perfil de elevación, muestran que el agua se infiltra en la zona alta (Río Ronquillo) llegando a la zona baja (Manantial el Puquio).

Gradiente geotérmico

El gradiente geotérmico tiene un valor promedio de 33 °C por cada 1000m. El agua del manantial el Puquio tiene una temperatura de 18,6 °C mientras que el agua del río Ronquillo tiene una temperatura de 14,3 °C, esto posiblemente se debe a la gradiente geotérmica, puesto que en el perfil de elevación se muestra que el agua tiene un recorrido de varios kilómetros y además una profundidad por la cual se desplaza al manantial.

Figura 27

Sección Longitudinal



Fuente: Propia

Según un estudio realizado por el Gobierno Regional de Cajamarca (2011), menciona que los acuíferos fisurados sedimentarios en areniscas, cuarcitas, lutitas y conglomerados: Agrupan grandes afloramientos de areniscas y cuarcitas principalmente de las Formaciones Chimú, Grupo Goyllarisquizga, Formaciones Farrat y Carhuáz; areniscas y conglomerados del Grupo Mitu.

Teniendo en cuenta esto en nuestra sección longitudinal se puede apreciar las formaciones Chulec, en la cual encontramos calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas; Inca, donde encontramos areniscas calcáreas y limolitas y Farrat, encontramos areniscas blancas y cuarcitas las cuales serían las causantes de la formación.

Figura 28

Unidades Hidrogeológicas y Susceptibilidad

UNIDAD	LITOLOGÍA PRINCIPAL	SUSCEPTIBILIDAD	
Acuíferos porosos no consolidados	Depósitos aluviales y fluviales	Muy Baja	0
	Depósitos, fluvioglaciales, coluviales y lacustres.	Media	2
Acuíferos porosos consolidados	Sedimentario: Conglomerados, Areniscas, conglomerados, lodolitas (Formaciones Chota, Milagro y Rosa; Formación Condebamba, Cajabamba y Sarayaquillo).	Media	2
Acuíferos fisurados	Volcánicos: Huambos, Porculla y Llama	Media	2
	Sedimentarios: areniscas y cuarcitas principalmente de las Formaciones Chimú, Grupo Goyllar, Formaciones Farrat y Carhuáz. Se incluyen areniscas y conglomerados del Grupo Mitu	Media	2
	Volcánico-sedimentarios: Secuencias de los volcánicos Oyotún, Tinajones, San Pablo y Namballe	Media	2
	Cársticos: Calizas; calizas y margas; arcillitas calcáreas; calizas margosas (Grupo Pucará, Crisnejas, Celendín).	Baja	1
Acuitardos	Intrusivos: Granitos, monzogranitos, tonalitas, granodioritas. Complejos Puscao, Patap, Santa Rosa y Paccho; Batolito de la Cordillera Blanca e intrusivos paleozoicos y cuerpos subvolcánicos neógenos.	Media	2
	Sedimentarios: Formaciones Santa, Carhuáz, Inca, Chulec, Pariatambo, Yumagual, Quilquiñán y Mujarrún, Cajamarca; La Leche. Formación Chicama.	Alta	3
	Volcánicos-sedimentarios: Volcánicos Chilete, Tembladera	Media	2
Acuicludos	Metamórficos: Esquistos, gneis, filitas y cuarcitas del Complejo Marañón, Complejo Olmos, Formaciones Salas y Río Seco.	Muy Alta	4

Fuente: INGEMMET, *Informe Técnico Hidrología de Cajamarca*

Como el manantial estudiado muestra la litología antes mencionada se puede definir como un acuífero fisurado de origen sedimentario con susceptibilidad media, esto significa que el manantial tiene una capacidad media de almacenar y transmitir agua.

Los acuíferos son capaces de almacenar y transmitir el agua (gravas, arenas, materiales calizos, etc.); son formaciones con capacidad de drenaje alta, productores de agua subterránea para satisfacer las necesidades humanas de abastecimiento, agricultura, industria, ganadería, etc. Este tipo de acuíferos se ubican donde predomina la existencia de material coluvial y aluvial.

3.1.1. Hidrología del Manantial "El Puquio"

En el manantial el Puquio se realizó un análisis hidrológico del cual obtuvimos ciertos parámetros los cuales tienen que ser aprobados por el MINAM para que estas aguas sean aptas para el consumo humano.

Los parámetros obtenidos del laboratorio Regional Del Agua del manantial el Puquio en el año 2021 fueron:

Tabla 5

Parámetros Químicos Del Manantial

ENSAYOS			QUÍMICOS
Código de la Muestra			P.U.-01
Código Laboratorio			0221097-02
Matriz			Natural
Descripción			Subterránea
Localización de la Muestra			Jr. Cumbe Mayo C-1
Parámetro	Unidad	LCM	RESULTADOS DE METALES
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	<LCM
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	<LCM
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.132
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	13.20
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	<LCM
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	<LCM
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	<LCM
Potasio (K)	mg/L	0.0510	4.828
Litio (Li)	mg/L	0.0050	0.021
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	4.605
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	<LCM
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0020	<LCM
Sodio (Na)	mg/L	0.0550	16.68
Niquel (Ni)	mg/L	0.0060	<LCM
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	0.030

Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM
Azufre (S)	mg/L	0.0910	4.737
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0.0180	<LCM
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	4.553
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	0.117
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	<LCM
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	<LCM
Cerio	mg/L	0.0040	<LCM
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM

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

Tabla6

Parámetros Fisicoquímicos Del Manantial

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS
Código de la Muestra			P.U.-01
Código Laboratorio			0221097-02
Matriz			Natural
Descripción			Subterránea
Localización de la Muestra			Jr. Cumbe Mayo C-1
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.0380	0.160
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.0650	0.523
-	mg/L	0.0500	<LCM
Nitrito (NO ₂)			
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.0350	<LCM
-	mg/L	0.0640	0.458
Nitrato (NO ₃)			
=	mg/L	0.0700	11.22
Sulfato (SO ₄)			
=	mg/L	0.0320	<LCM
Fosfato (PO ₄)			
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg CaCO ₃ /L	0.8500	91.8
Sólidos Disueltos	mg/L	2.5000	133.0
Totales			

Dureza Total	mg/L	1.0400	50.4
--------------	------	--------	-------------

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

Tabla7

Parámetros Microbiológicos Del Manantial

ENSAYOS				
Parámetro	Unidad	LCM	RESULTADO	
Coliformes	NMP/	1.8	33	
Termotolerantes	100mL			

Fuente: Propia

Tabla8

Parámetros No Específicos del Manantial

ENSAYOS		NO ESPECÍFICOS
Código de la Muestra		P.U.-01
Código Laboratorio		0221097-02
Matriz		Natural
Descripción		Subterránea
Localización de la Muestra		Jr. Cumbe Mayo C-1
Parámetro	Unidad	Resultados
Potencial	pH	6.66
Hidrógeno		
Conductividad	Us/m	191
Eléctrica		
Temperatura	°C	18.6
Solidos Disueltos	ppm	95
Totales		
ORP	mV	60

Fuente: Propia

3.8.2.1. Hidrología del Río Ronquillo

En el río Ronquillo se realizó la segunda muestra de nuestro estudio para realizar el análisis hidrológico del cual obtuvimos ciertos parámetros.

Los parámetros obtenidos del laboratorio Regional Del Agua del río Ronquillo en el año 2021 fueron:

Tabla 9

Parámetros Químicos del Río

Descripción		Superficial		
Localización de la Muestra		Río Ronquillo		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Disueltos	
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	<LCM	
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	<LCM	
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.034	
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	56.39	
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	<LCM	
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	<LCM	
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	<LCM	
Potasio (K)	mg/L	0.0510	0.609	
Litio (Li)	mg/L	0.0050	0.006	
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	6.630	
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	<LCM	
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0020	<LCM	
Sodio (Na)	mg/L	0.0550	3.653	
Niquel (Ni)	mg/L	0.0060	<LCM	
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	0.033	
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	
Azufre (S)	mg/L	0.0910	3.695	
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	<LCM	
Selenio (Se)	mg/L	0.0180	<LCM	
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	5.750	
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	0.353	
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	<LCM	

Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	<LCM
Cerio	mg/L	0.0040	<LCM
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM

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

Tabla10

Parámetros Fisicoquímicos Del Río

ENSAYOS		FISICOQUÍMICOS	
Código de la Muestra		R.U.-01	
Código Laboratorio		0221097-01	
Matriz		Natural	
Descripción		Superficial	
Localización de la Muestra		Río Ronquillo	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.0380	0.172
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.0650	0.700
-	mg/L	0.0500	<LCM
Nitrito (NO ₂ ⁻)			
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.0350	<LCM
-	mg/L	0.0640	0.869
Nitrato (NO ₃ ⁻)			
=	mg/L	0.0700	8.764
Sulfato (SO ₄ ⁻²)			
=	mg/L	0.0320	<LCM
Fosfato (PO ₄ ⁻³)			
Alcalinidad Total	mg	0.8500	227.4
(CaCO ₃)	CaCO ₃ /L		
Sólidos Disueltos	mg/L	2.5000	272.5
Totales			
Dureza Total	mg/L	1.0400	168.6

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

ENSAYOS

MICROBIOLÓGICOS

Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
Coliformes	NMP/	1.8	40
Termotolerantes	100mL		

Fuente: *Propia*

Tabla11

Parámetros No Específicos Del Río

ENSAYOS		NO ESPECÍFICOS
Código de la Muestra		R.U.-01
Código Laboratorio		0221097-01
Matriz		Natural
Descripción		Superficial
Localización de la Muestra		Río Ronquillo
Parámetro	Unidad	Resultados
Potencial	pH	7.96
Hidrógeno		
Conductividad	Us/m	394
Eléctrica		
Temperatura	°C	14.3
Solidos Disueltos	ppm	197
Totales		
ORP	mV	90

Fuente: *Propia*

3.8.3. Análisis e interpretación de resultados

Una vez obtenidos los resultados del laboratorio regional del agua procesamos los datos en el software Easy Quim 4.0 para poder interpretar adecuadamente cada grafico que obtengamos de este programa.

Figura 29

Tabla De Análisis Químicos Y Relaciones Iónicas

EASY_QUIM.4			
<p>Autor: Enric Vázquez Suñé (1999) (Actualizado 2001)</p>			
<p>OPCIONES DE PIPER SI QUIERES QUE EN EL DIAGRAMA DE PIPER TE REPRESENTEN LAS SUMAS DE (Cl + NO3) Y (Na + K) PON UN 0 EN LA CELDA INFERIOR SI QUIERES UNICAMENTE (Cl) Y (Na) PON UN 1</p>			
<p>TABLA DE ANALISIS QUIMICOS Y RELACIONES IONICAS (IONES MAYORITARIOS)</p>			
<p>ACCION</p>		si	si
<p>Fecha</p>		22-Feb-21	22-Feb-21
<p>Pozo</p>		MANANTIAL	RÍO RONQUILLO
Coord	x		
Coord	y		
CE uS/cm		191.00	394.00
pH		6.66	7.96
TAC		91.85	227.40
DUR		50.40	168.60
TSD		133.00	272.50
aniones		mg/l	mg/l
	HCO3-	0.00	0.00
	SO4=	11.22	8.76
	Cl-	0.52	0.70
	NO3-	0.46	0.87
	sum aniones	12.202	10.334
cationes		mg/l	mg/l
	Na+	16.68	3.65
	K+	4.83	0.61
	Ca++	13.20	56.39
	Mg++	4.61	6.63
	sum cationes	39.313	67.282
		mg/l	mg/l
	NH4+		
	Cl-+NO3-	0.981	1.569
	Na+ + K+	21.508	4.262
<p>0</p>			

<p>APRETAR AQUÍ PARA RECALCULAR LOS GRAFICOS (Según la ACCION sea SI / NO)</p> <p>Esta opción sólo puede utilizarse una vez.</p> <p>1º Define mediante la ACCION si / no, los análisis que realmente quieres representar.</p> <p>2º Apreta el boton</p>			
aniones (meq/l)		meq/l	meq/l
	HCO3-	0.00	0.00
	SO4=	0.23	0.18
	Cl-	0.01	0.02
	NO3-	0.01	0.01
	Cl-+NO3-	0.02	0.03
	sum aniones	0.26	0.22
cationes (meq/l)		meq/l	meq/l
	Na+ + K+	0.85	0.17
	Na+	0.73	0.16
	K+	0.12	0.02
	Ca++	0.66	2.82
	Mg++	0.38	0.55
	sum cationes	1.89	3.54
aniones(%)		%	%
	HCO3-	0.01	0.01
	SO4=	91.35	84.40
	Cl-	5.76	9.11
	NO3-	2.89	6.48
	Cl-+NO3-	8.64	15.59
	sum aniones	100.00	100.00
cationes(%)		%	%
	Na+ + K+	44.92	4.92
	Na+	38.39	4.49
	K+	6.54	0.44
	Ca++	34.93	79.61
	Mg++	20.14	15.47
	sum cationes	100.00	100.00
Relaciones iónicas			
	rNa/rK	5.87	10.20
	rMg/rCa	0.58	0.19
	rSO4/rCl	15.87	9.26
	rCl/rHCO3	898.68	1202.82
	icb	-56.61	-7.84
	Kr	0.00	0.00
INDICE	SAR	1.0	0.1
Error (%)		76.14	88.49
Laboratorio		Laboratorio Regional del Agua	Laboratorio Regional del Agua

Fuente: Easy Quim 4.0

3.8.3.1. Diagrama de Piper

En 1944, Arthur M. Piper diseñó un procedimiento gráfico efectivo para presentar los datos de la química del agua. Este procedimiento se basa en la premisa de que los cationes y aniones en el agua están generalmente en equilibrio químico.

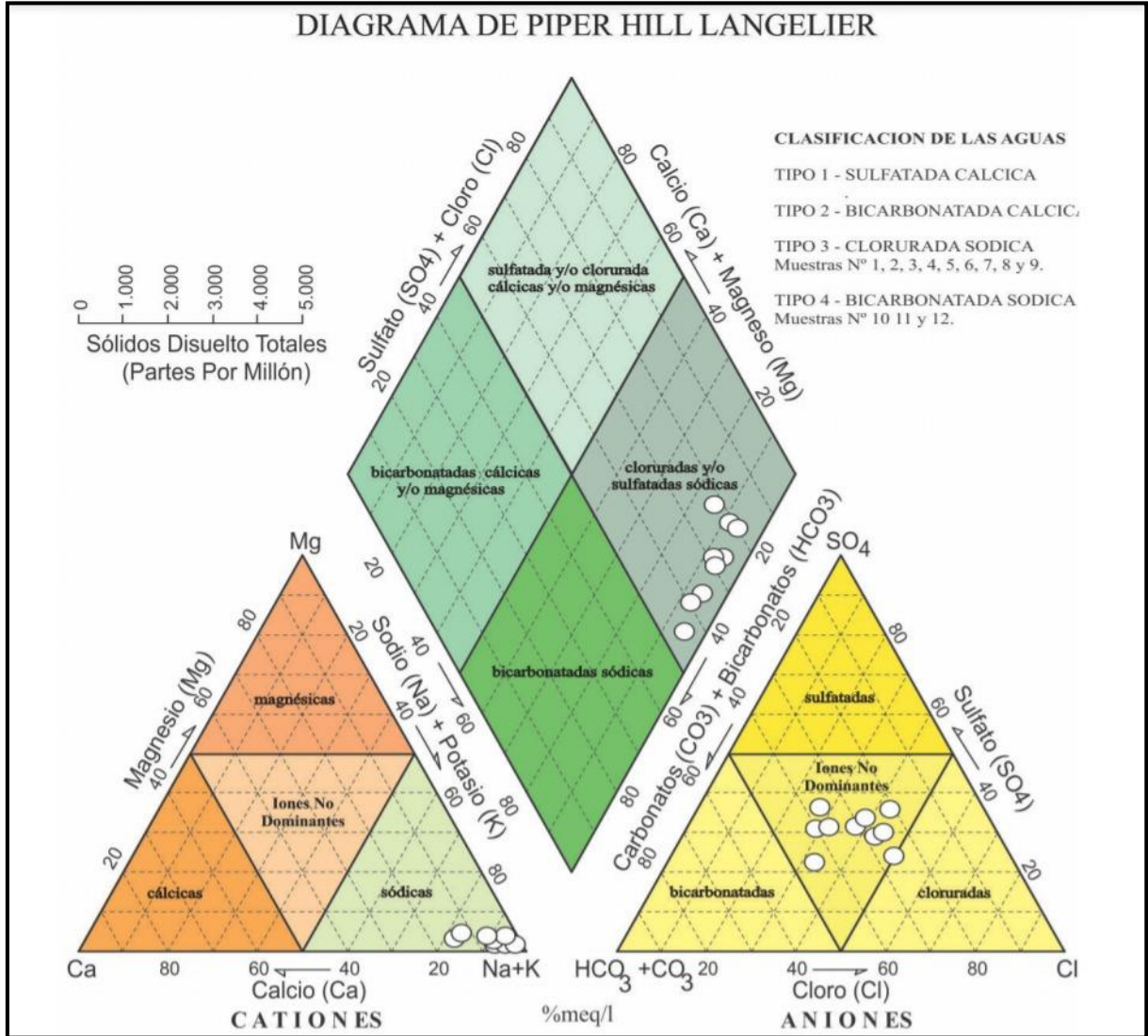
Este diagrama conformado por dos triángulos equiláteros y un rombo, representa la composición aniónica y catiónica respectivamente, proyectando esta información hacia el rombo, donde se evalúa el punto de intersección de ambos triángulos la familia a que corresponde la muestra de agua, según la zona en la que recaiga el punto dentro del rombo. Para su construcción es necesario manejar las concentraciones en mg/L, los cuales a su vez son transformados a porcentaje en el diagrama. Donde cada uno de los vértices en los triángulos corresponde un 100% de un anión o catión. Además, este diagrama permite reflejar las variaciones provocadas por la presencia de mezclas, precipitaciones, disoluciones, procesos de intercambio iónico que están ocurriendo en el comportamiento del agua, es decir, visualizar la evolución hidro geoquímica del agua. (Bustamante, 2017).

El diagrama de Piper es utilizado como un gráfico efectivo para la representación de muestras de agua en estudios hidrogeológicos.

En el triángulo inferior izquierdo se muestran las concentraciones de cationes, mientras que el triángulo derecho muestra las concentraciones ponderadas de cationes. Ambas concentraciones son luego proyectadas en el rombo.

Figura 30

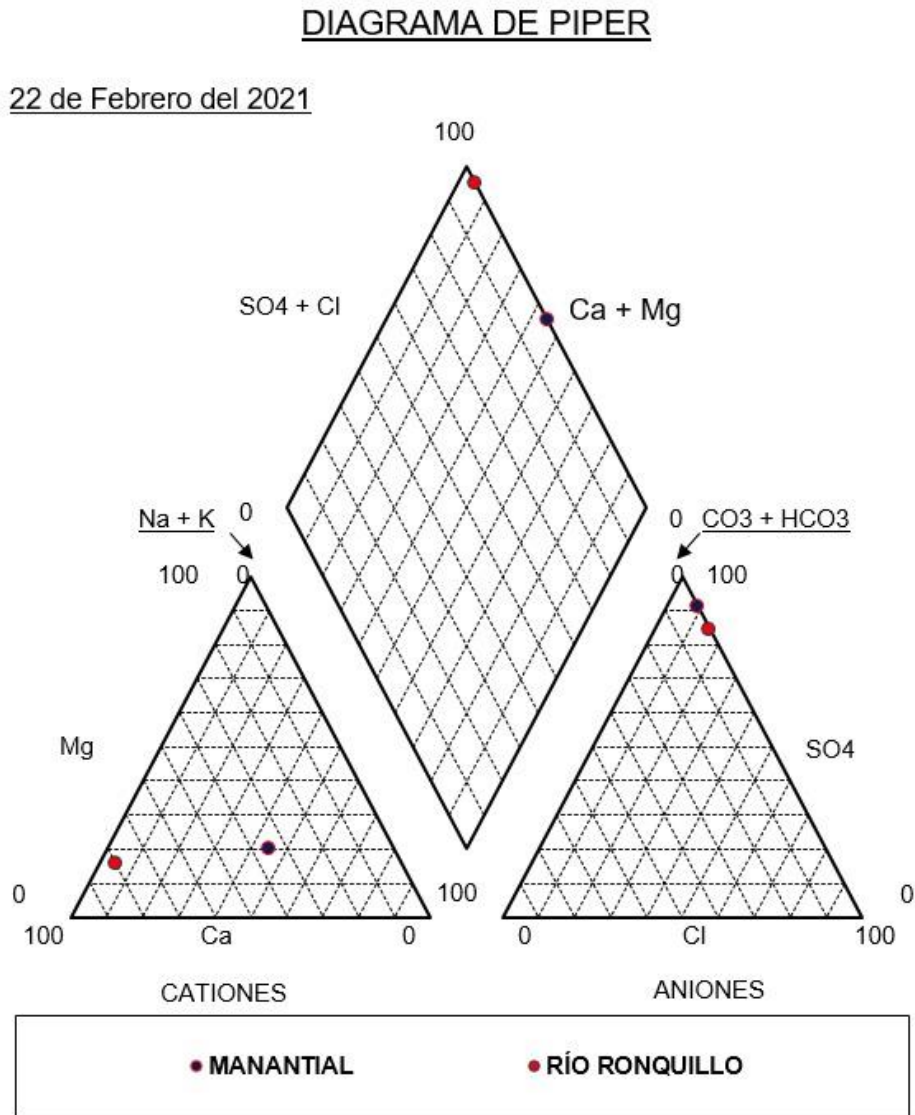
Diagrama De Piper Hill Langelier



Nota. Ejemplo de diagrama de Piper. **Fuente:** Falcon, C. 2015

Figura31

Diagrama De Piper De Las Muestras Analizadas



Nota. Diagrama de Piper - Análisis 2021. **Fuente:** Easy Quim 4.0

Según el triángulo de aniones el manantial El Puquio presenta una elevada concentración de sulfato, así como el agua del Río Ronquillo, esto se debe a la presencia de calizas, lutitas calcáreas y margas del cretáceo inferior pertenecientes a la formación Chulec. Además de eso en el triángulo de cationes se puede observar que el agua de Río Ronquillo presenta alta

concentración de calcio y el agua del manantial está en intermedia con algo de presencia de sodio, esto se debe a que posiblemente esa agua transcurra por areniscas. Teniendo en cuenta estos dos triángulos el agua del Manantial el Puquio, así como el agua del Río Ronquillo es Sulfatada y/o Clorurada Cálctica.

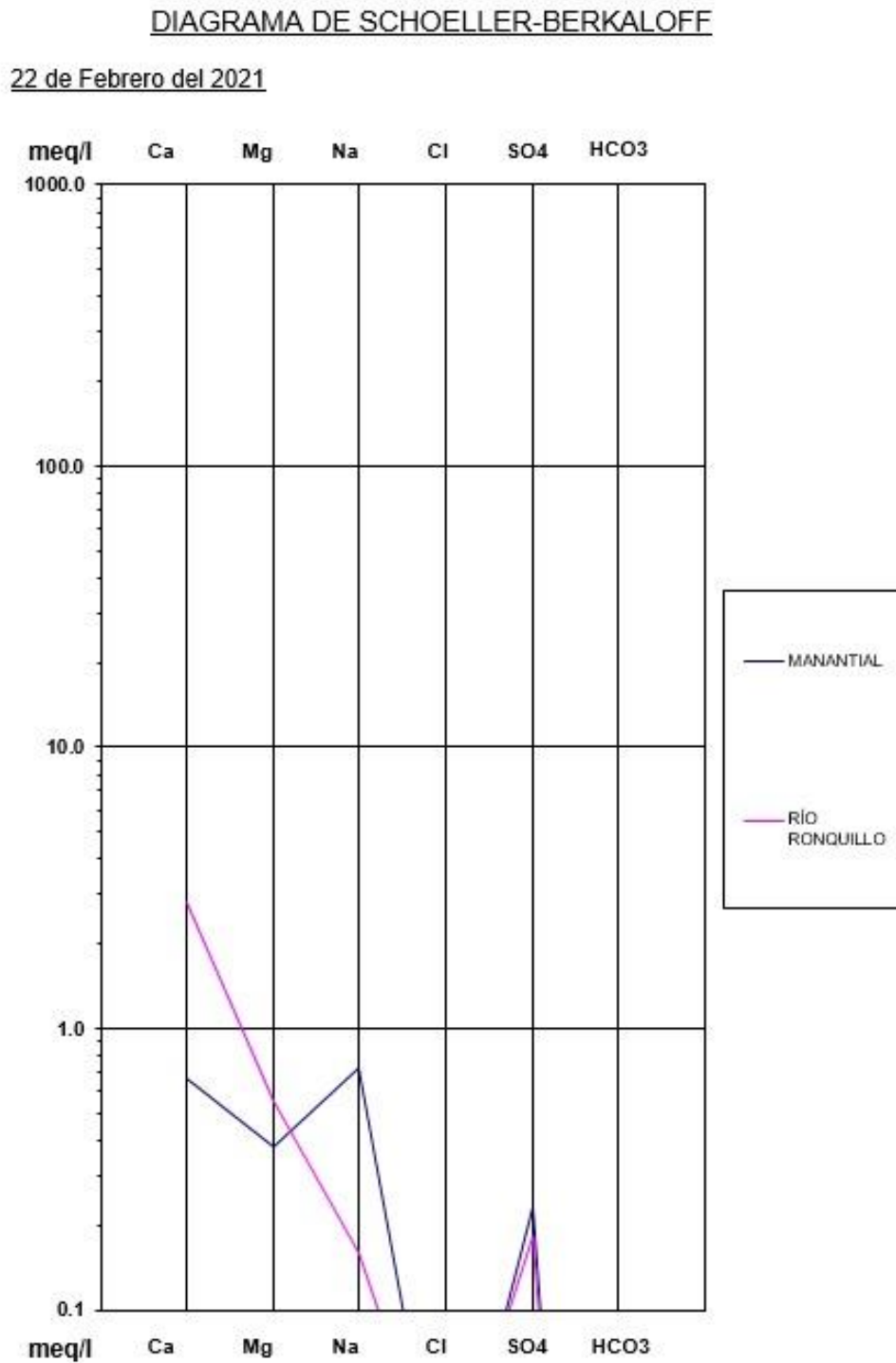
3.8.3.2. Diagrama de Schoeller

En los Diagramas de Schoeller o de Columnas Verticales se representa el valor en miliequivalentes por litro (meq/l) de distintos aniones, cationes o una suma de ellos, utilizando una escala logarítmica, y uniendo los puntos mediante una secuencia de líneas. Este tipo de diagrama de columnas se conoce también como diagramas de Schoeller – Berkloff.

Si bien la escala logarítmica no es apropiada para observar pequeñas diferencias en la concentración de cada ion entre distintas Muestras de Agua, sí es útil para representar en un mismo diagrama aguas de baja y de alta salinidad, y observar la relación entre iones asociada con la inclinación de las líneas (Ramírez, 2009).

Figura 32

Diagrama De Schoeller-Berkaloff De Las Muestras Analizadas



Nota. Diagrama de Schoeller – Análisis 2021. **Fuente:** Easy Quim 4.0

Este diagrama nos muestra los valores químicos que tienen mayor rango, teniendo en cuenta la escala logarítmica de éste. Se puede apreciar que el agua del Río tiene mayor concentración de Ca y el agua del manantial presenta mayor concentración de Ca y Na. Ambas muestras la del Río Ronquillo y del Manantial el Puquio dieron tomadas el mismo día con una diferencia de tiempo de una hora, a los cuál se le atribuye que las variaciones químicas en valores numéricos se deben principalmente al ambiente dónde se encuentren estos y también al recorrido que tengan éstas aguas.

3.8.3.3. Diagrama de SAR

Estas normas están basadas en la combinación de la conductividad eléctrica, en mmhos/cm a 25°, y el S.A.R. Estos valores se introducen en el ábaco adjunto: en el eje horizontal, se busca el valor de la conductividad y en el vertical el del S.A.R. Ambos se prolongan hasta cortarse en un punto que estará situado en uno de los recuadros reseñados con las letras C y S, cada una con su subíndice correspondiente.

Una vez obtenida la clasificación, acudimos a la tabla situada en la parte de atrás de la ficha, donde buscaremos ambos valores, e interpretaremos la calidad del agua.

Para poder interpretar el siguiente gráfico se tomó como ayuda las siguientes normas de clasificación de aguas.

Tabla 12

Normas Para La Calidad De Agua De Riego

Tipos	Calidad y normas de uso
C1	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas

solamente en suelos de muy baja

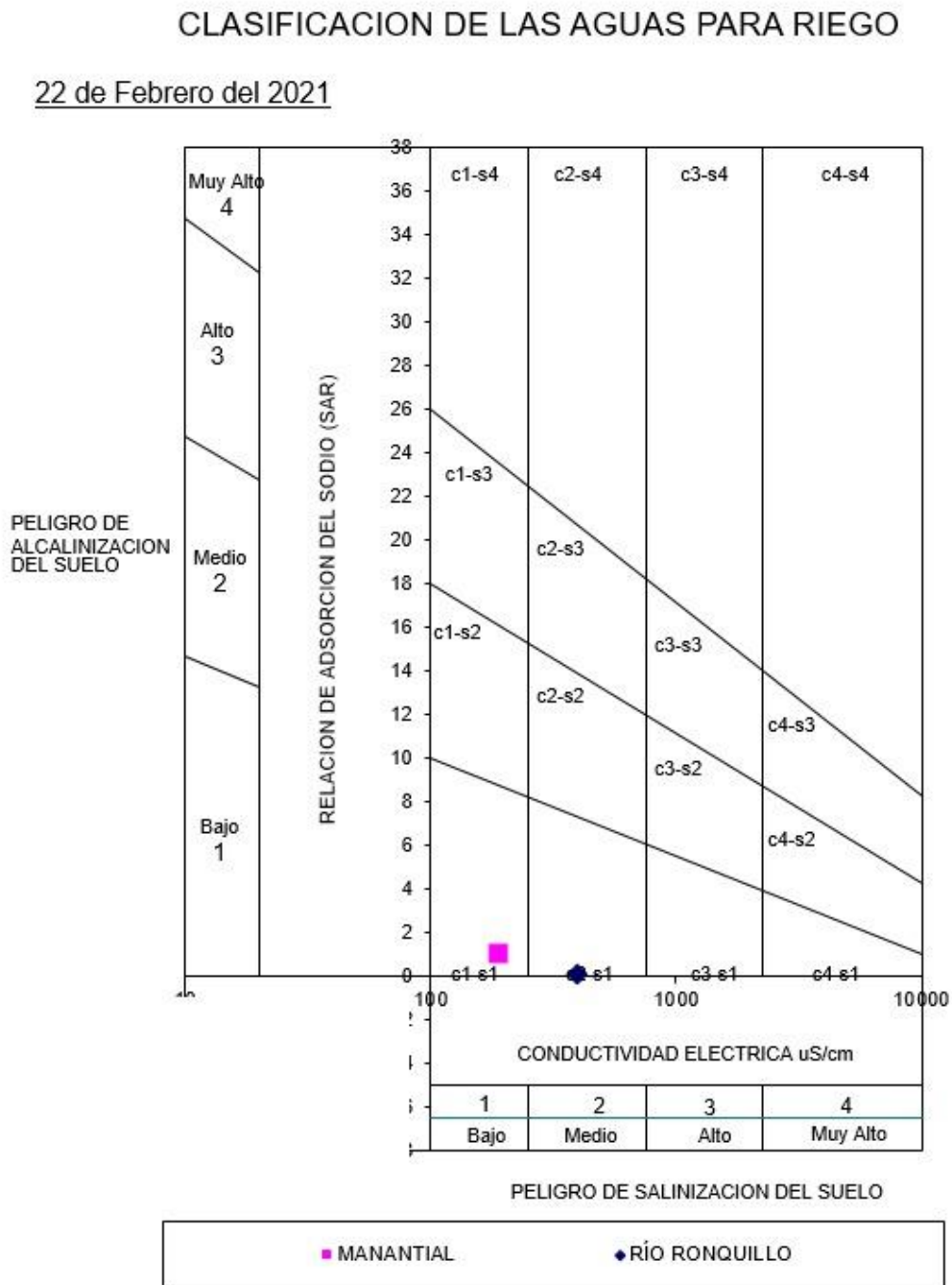
permeabilidad

- | | |
|-----------|---|
| S1 | Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego. Sin embargo, en suelos muy permeables y con buen drenaje hay riesgo de acumulación. |
| C2 | Agua de salinidad media, apta para el riego. EN ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso para su lavado. |
| S2 | Agua con contenido medio de sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de este elemento en el suelo, especialmente en los de textura fina /arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. |
| C3 | Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso para su lavado |
| S3 | Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación del mismo suelo. Se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego. |
| C4 | Agua de salinidad muy alta, que en muchos casos no es apta para el riego. Solo debe usarse en suelos muy permeables. |

Fuente: *Servicio Agronómico*

Figura 33

Diagrama De SAR De Las Muestras Analizadas



Nota. Diagrama de SAR – Análisis 2021. Fuente: Easy Quim 4.0

Este diagrama sirve para demostrar una alerta de peligro de salinización y sodificación del suelo teniendo en cuenta ciertos parámetros medidos en el agua. Se debe considerar que el agua de manantial es usada para el consumo humano, sin embargo, el agua del Río si es usada para el riego. Ambas tienen un resultado de salinización y sodificación entre medio y bajo.

Nuestros resultados obtenidos nos demuestran que el agua del manantial El Puquio (C1-S1) es baja en salinidad y es apta para el riego y posee baja conductividad eléctrica.

El agua del Río Ronquillo (C2-S1) presenta una salinidad baja, la cual si puede ser usada para riego y tiene una conductividad media. Se debe considerar que los cultivos sean tolerantes a la salinidad ya que está agua puede lavar las sales solubles presentes, principalmente el Ca.

3.8.4. Comparación de los resultados obtenidos

Se hizo una comparación de los resultados obtenidos de ambos puntos de muestreo para garantizar la calidad de estas aguas, puesto que se evaluó los resultados teniendo en cuenta los límites permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM para los estándares nacionales de calidad ambiental de agua de categoría A1.

3.8.4.1. Potencial de Hidrogeno

El término se refiere a la intensidad de la condición de acidez o alcalinidad de una solución. Esta propiedad se calcula en una expresión logarítmica, su escala parte del 0 a 14, donde un pH elevado indica baja concentración de iones H⁺, y por lo tanto una alcalinización del medio. Por el contrario, un pH bajo indica una acidificación del medio. En el agua subterránea el pH tiende a ser balanceado, pues en ella es difícil encontrar minerales libres (Sawyer, 2001).

Figura 34

Comparación de Potencial de Hidrogeno



Nota. Diagrama comparativo de potencial de hidrogeno entre el río Ronquillo y el manantial el

Puquio. Fuente: Propia

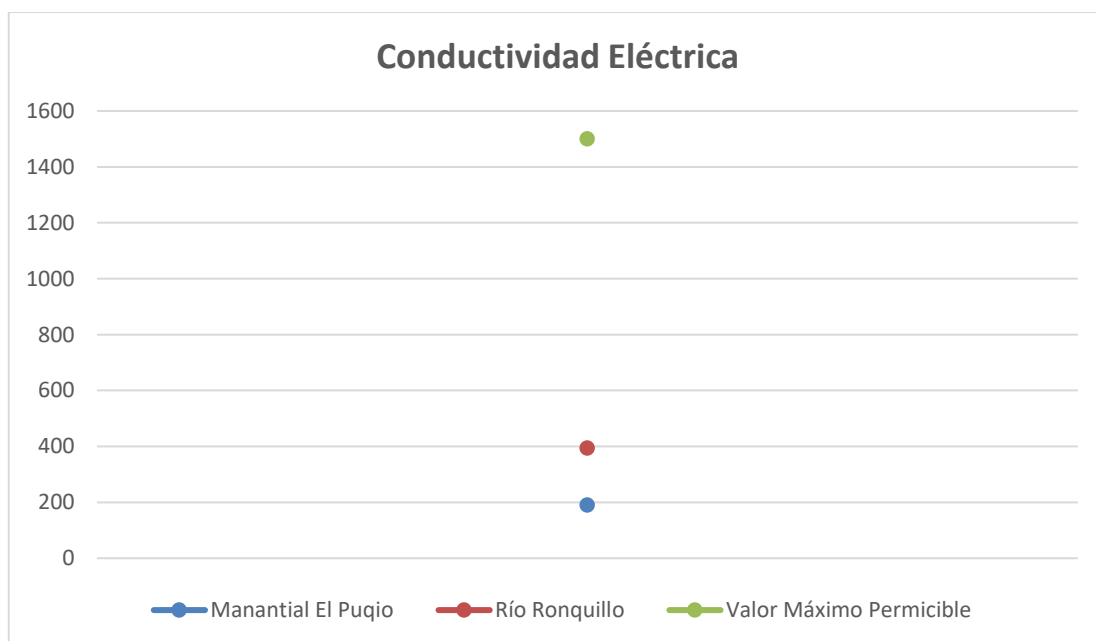
Según la figura numero 32 los valores de pH tanto del manantial como del río Ronquillo se encuentran dentro de los valores permisibles (6.5 pH como mínimo y 8.5 pH como máximo). Teniendo un pH de 6.66 para el manantial y 7.96 para el río Ronquillo.

3.8.4.2. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica, es una medida de la cantidad de sales disueltas o de la actividad iónica de una solución, en términos de su capacidad para transmitir corriente, que varía en función de la temperatura y está estrechamente ligada a la naturaleza de las sustancias disueltas. Por lo anterior esta medida tiene una relación con la presencia de sólidos disueltos totales (Barrenechea, 2004).

Figura35

Comparación De Conductividad Eléctrica



Nota. Diagrama comparativo de conductividad eléctrica entre el río Ronquillo y el manantial el Puquio. **Fuente:** Propia

El manantial el Puquio tiene una conductividad de $191 \mu\text{s}/\text{m}$ y el río presenta una conductiva eléctrica de $394 \mu\text{s}/\text{m}$. Esto quiere decir que el río tiene mayor capacidad para dejar pasar la corriente eléctrica y esto se debe a los metales disueltos en el agua.

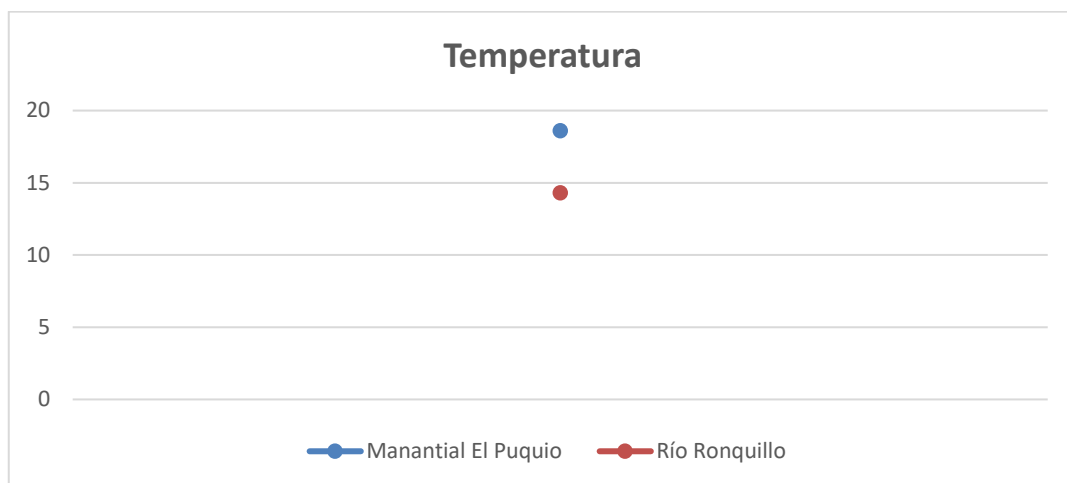
El límite permisible para conductividad de agua según los estándares de calidad de agua es $1500 \mu\text{s}/\text{m}$ por lo que ambas muestras están por debajo del límite permisible.

3.8.4.3. Temperatura

La temperatura del agua es considerada un parámetro de importancia porque influye en la solubilidad de las sales y sobre todo en la de los gases; así como, en la disociación de las sales disueltas y por lo tanto en la conductividad eléctrica, y en el pH del agua. Con una temperatura elevada es esperable menor cantidad de oxígeno disuelto, lo cual es perjudicial para los organismos acuáticos y que contribuyen en forma natural a su depuración (Metcalf y Eddy, 1996).

Figura36

Comparación De Temperaturas



Nota. Diagrama comparativo de la temperatura entre el río Ronquillo y el manantial el Puquio.

Fuente: Propia

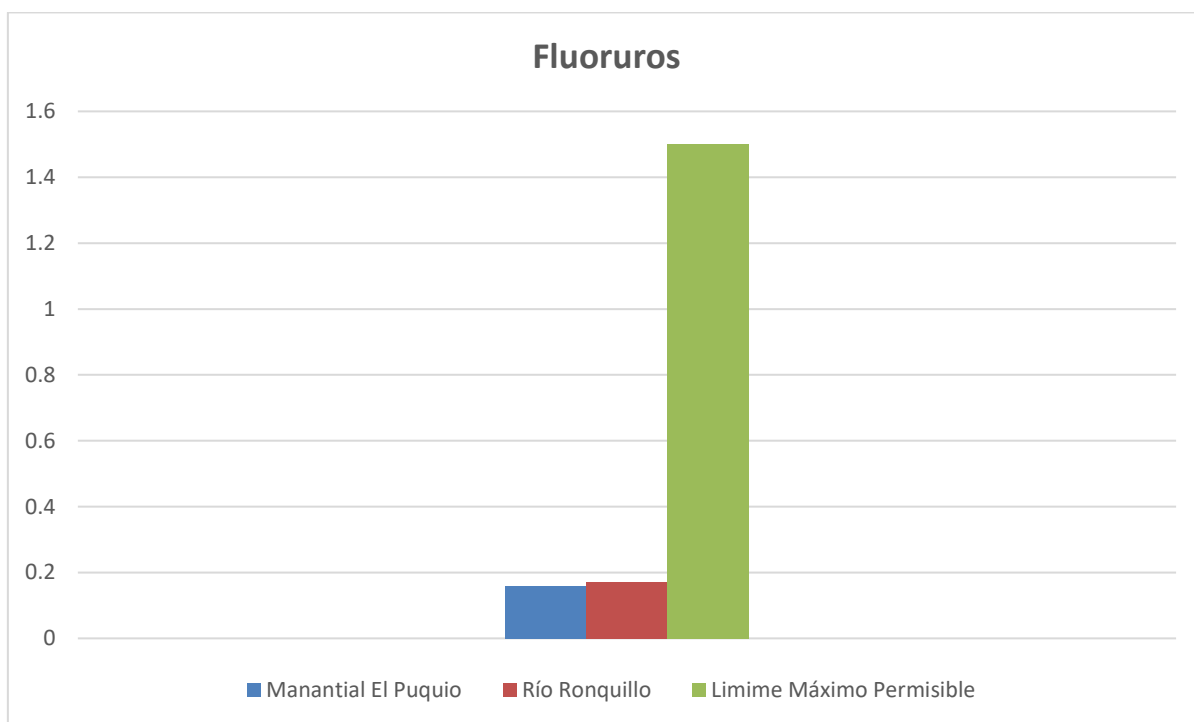
El agua del río Ronquillo tiene una temperatura de 14,3 °C esto se debe a que es un agua superficial y se encuentra a mayor altitud a diferencia de la temperatura del agua del manantial que presenta 18,6 °C. lo cual se debe al recorrido que este tiene y a la gradiente geotérmica.

3.8.4.4. Fluoruros

Los cloruros son sales que se encuentran presentes en mayor cantidad en las fuentes de abastecimiento de aguas. El Ion Cloruro se encuentra en aguas naturales y residuales, las concentraciones de este varían desde una pocos ppm hasta varios gramos por litro, además este ion ingresa al agua mediante el lavado que hacen las aguas de lluvia sobre el suelo.

Figura 37

Comparación De Fluoruros



Nota. Diagrama comparativo de fluoruros entre el río Ronquillo y el manantial el Puquio. **Fuente:**
Propia

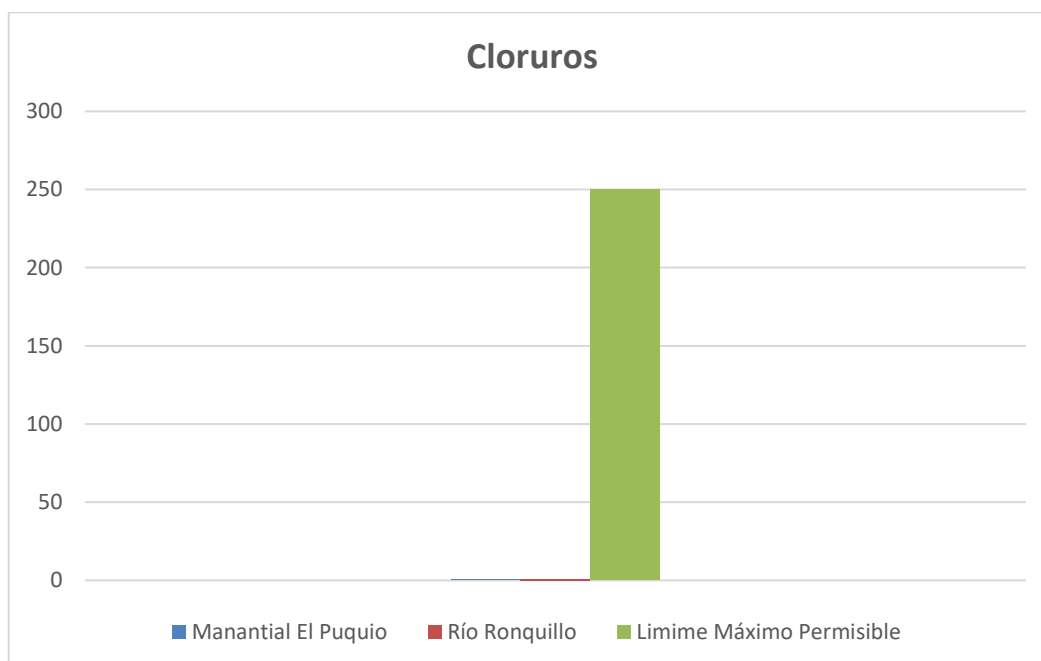
El manantial presenta 0,16 mg/L de presencia de fluoruros mientras que el río Ronquillo tiene 0,172 mg/L. Esto quiere decir que ambas aguas están dentro del límite permisible siendo este 1,5 mg/L. Según los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

3.8.4.5. Cloruros

Los cloruros son abundantes en los océanos, a donde acceden por disolución de depósitos minerales de sal (NaCl). La concentración de cloruros en agua de superficie es mucho menos a la del océano puesto que estas aguas tienen un incremento según su recorrido del cauce fluvial que se da desde su nacimiento hasta su desembocadura en el océano.

Figura 38

Comparación de Cloruros



Nota. Diagrama comparativo de cloruros entre el río Ronquillo y el manantial el Puquio. **Fuente:**

Propia

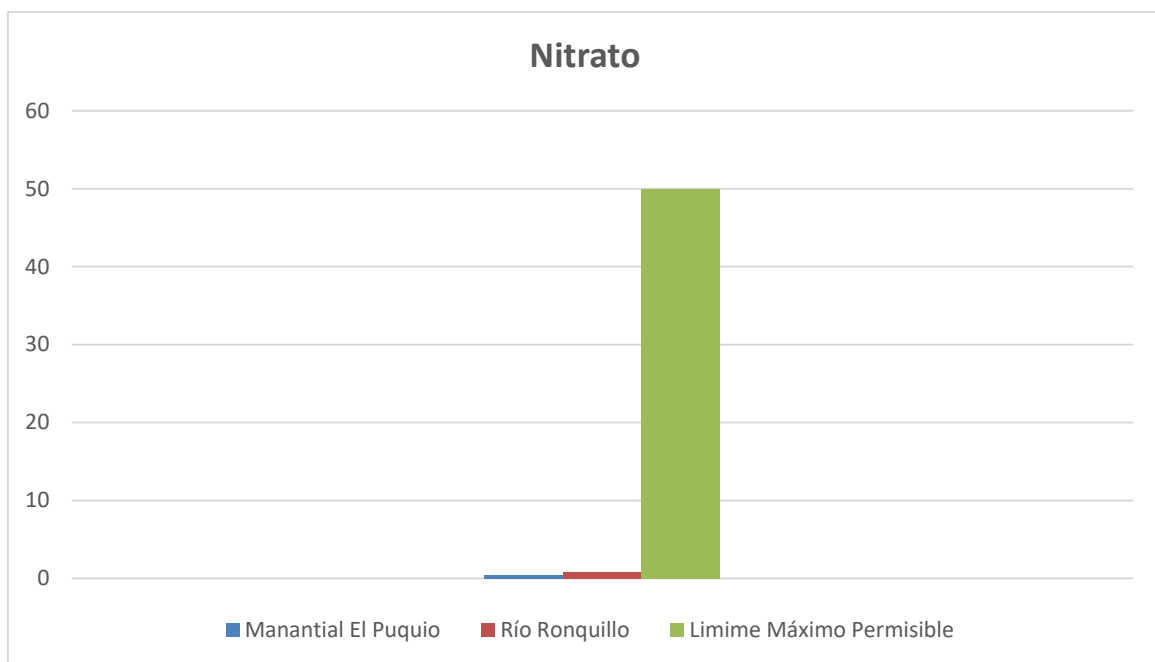
El manantial el Puquio tiene una concentración de cloruros de 0,523 mg/L mientras que el río Ronquillo presenta 0,7 mg/L. Estos valores bajos se deben a que son aguas dulces y no contienen sales. Ambas muestras se encuentran dentro del límite permisible (250mg/L) como se aprecia en la figura.

3.8.4.6. Nitratos

La presencia de nitratos (NO_3) se debe a la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales, de lixiviado de tierras agrícolas donde se utilizan abonos que contienen como componentes al nitrato.

Figura 39

Comparación De Nitratos



Nota. Diagrama comparativo de nitratos entre el río Ronquillo y el manantial el Puquio. Fuente:

Propia

La presencia de nitratos en el manantial el Puquio es de 0,458 mg/L mientras que en el río es de 0,869 mg/L. Estando estos dos entre limite permisible que es de 50 mg/L. Esto es claramente cierto ya que el valor más alto lo tiene el río Ronquillo como se aprecia en la figura 37 existiendo mucha vegetación y labrado de tierras agrícolas de los pobladores aledaños a la zona.

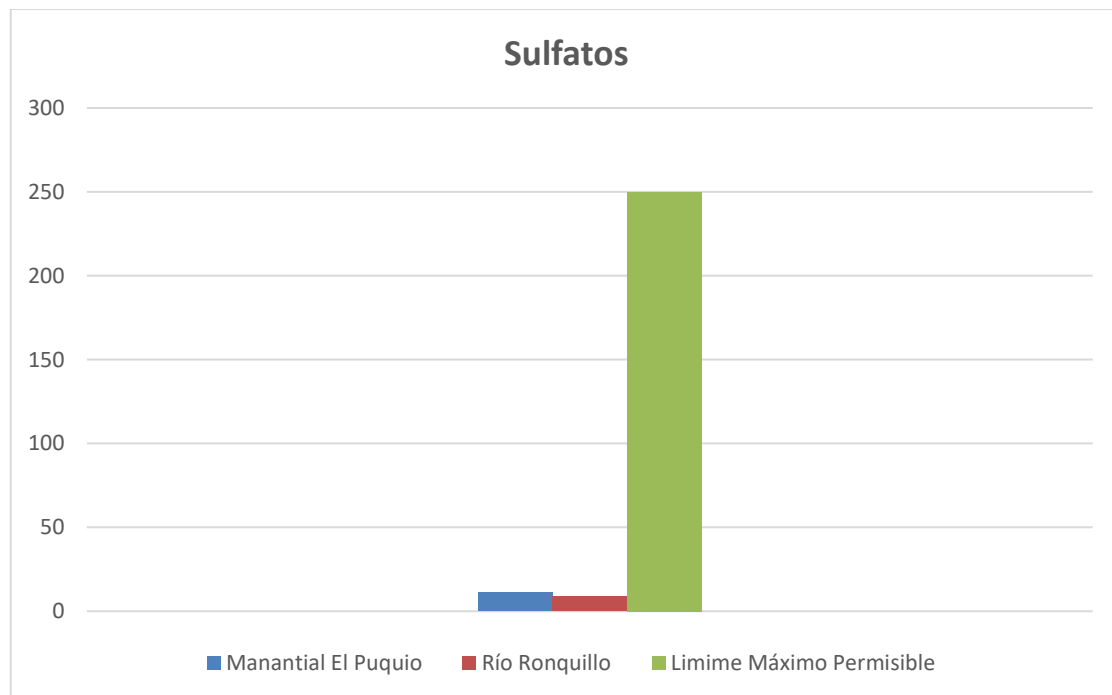
3.8.4.7.Sulfatos

El ion sulfato se encuentra en forma oxidada como azufre, producido cuando los minerales de sulfuro de azufre se someten a la intemperie al tener contacto con el agua rica en oxígeno.

El azufre se encuentra ampliamente distribuido de forma reducida en rocas magmáticas y sedimentarias como sulfuros metálicos. La oxidación está promovida por contaminación antropogénica ante la quema de combustibles fósiles. (Bustamante, 2017)

Figura 40

Comparación De Sulfatos



Nota. Diagrama comparativo de sulfatos entre el río Ronquillo y el manantial el Puquio. Fuente:

Propia

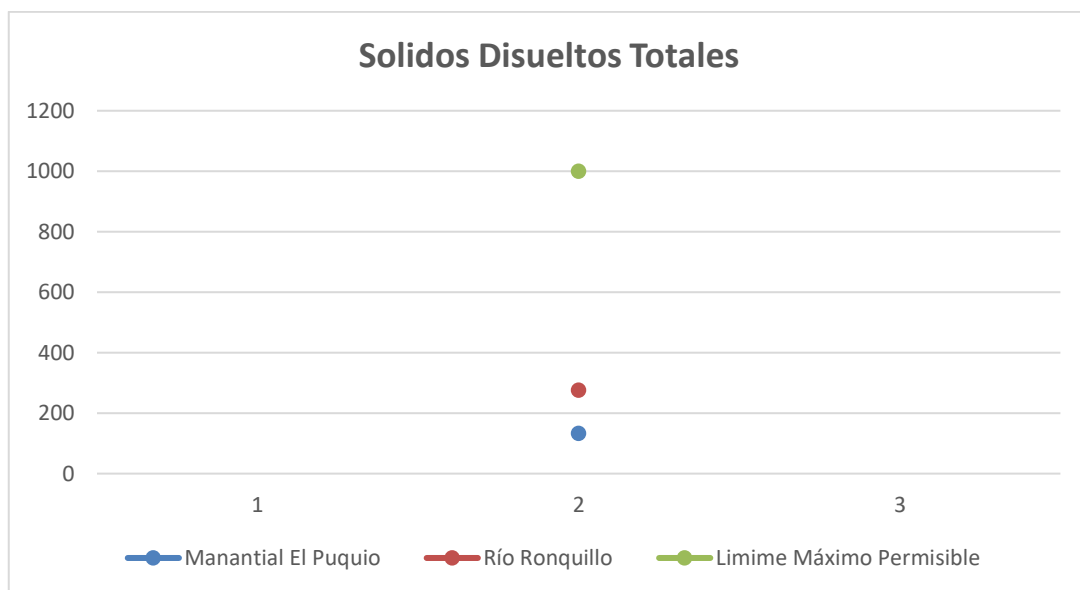
La presencia de sulfatos en el manantial el Puquio es de 11,22 mg/L mientras que en el río Ronquillo es de 8,76. Ambas muestras se encuentran dentro del límite permisible de sulfatos en agua.

3.8.4.8. Sólidos Disueltos Totales

Este parámetro, es un indicador de la salinidad del agua, debido a que en éste se determinan las sales inorgánicas. Los sólidos totales disueltos son más o menos equivalentes a los minerales disueltos en agua (Barrenechea, 2004).

Figura 41

Comparación De Sólidos Disueltos Totales



Nota. Diagrama comparativo de sólidos disueltos totales entre el río Ronquillo y el manantial el

Puquio. Fuente: Propia

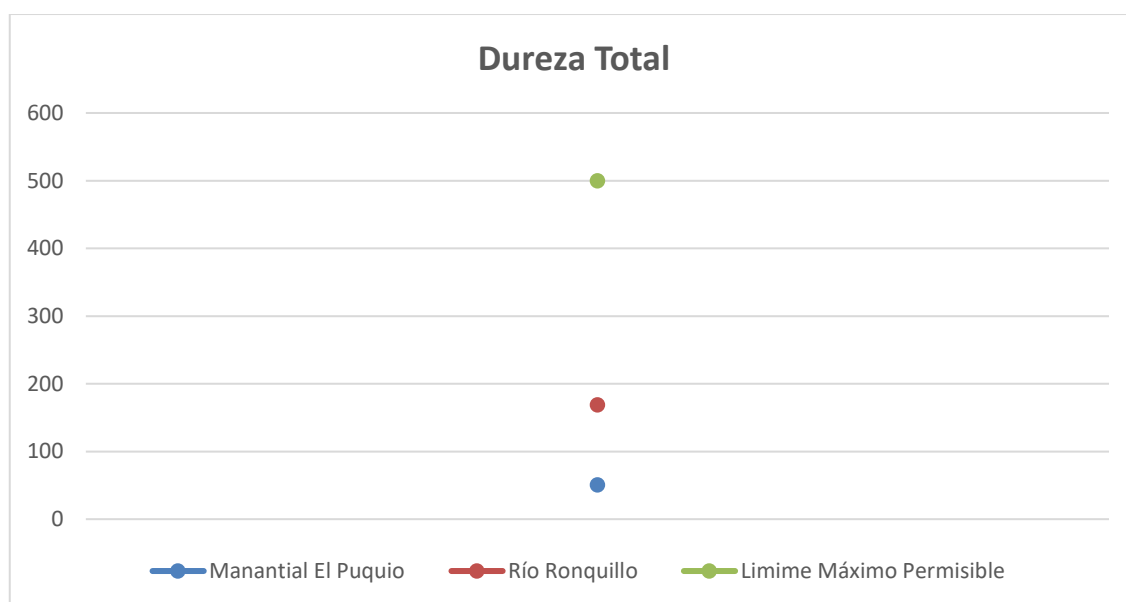
La presencia de sólidos disueltos totales en el manantial el Puquio es de 133 mg/L mientras que en el río es de 275 mg/L, Ambos se encuentran dentro del límite permisible que es de 1000 mg/L. Como observamos en la figura 39 el punto de muestreo del río Ronquillo presenta mayor cantidad de sólidos disueltos totales, esto se debe a que estas aguas tienen mayor recorrido por ser una fuente fluvial y esto conduce a que en el transcurso estas aguas adquieran mayor cantidad de minerales debido a que está en contacto con diferentes tipos de rocas y suelos a diferencia del manantial que es un acuífero y en este las aguas no tienen recorrido.

3.8.4.9. Dureza Total

Representa la concentración de cationes metálicos multivalentes presentes en el agua. Se clasifica como dureza carbonatada y no carbonatada. Siendo la carbonatada, sensible al calor, precipita en altas temperaturas y se denomina temporal, es equivalente a la alcalinidad. La dureza permanente requiere métodos más especializados de remoción que una simple elevación de temperatura (Henry y Heinke, 1999).

Figura 42

Comparación De Durezas Totales



Nota. Diagrama comparativo de la dureza total entre el río Ronquillo y el manantial el Puquio.

Fuente: Propia

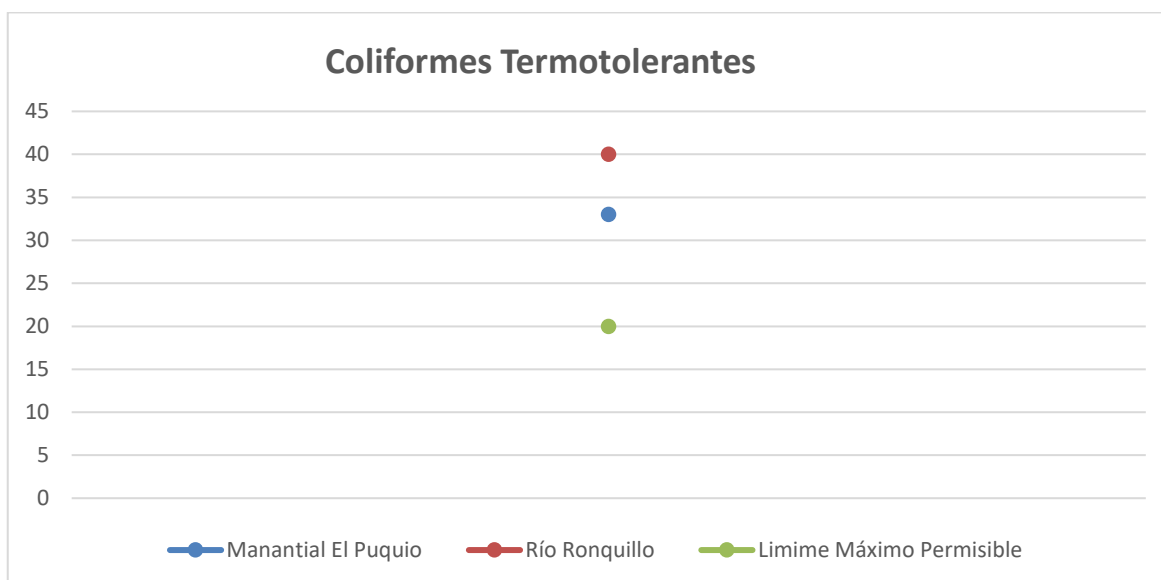
La dureza total que presenta el manantial el Puquio es de 50,4 mg/L siendo esta un agua blanda según la clasificación de Romeo, 1996. Mientras que el agua del río Ronquillo es de 168,6 mg/L. Siendo así un agua dura. La dureza del agua se debe a la concentración de magnesio y calcio, a mayor concentración de estos elementos el agua será denominada como dura y a menor concentración será blanda. Ambas muestras están dentro del límite permisible.

3.8.4.10. Coliformes Termotolerantes

La presencia de coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

Figura 43

Comparación De Coliformes Termotolerantes



Nota. Diagrama comparativo de coliformes termotolerantes entre el río Ronquillo y el manantial el Puquio y su límite máximo permisible. **Fuente:** Propia

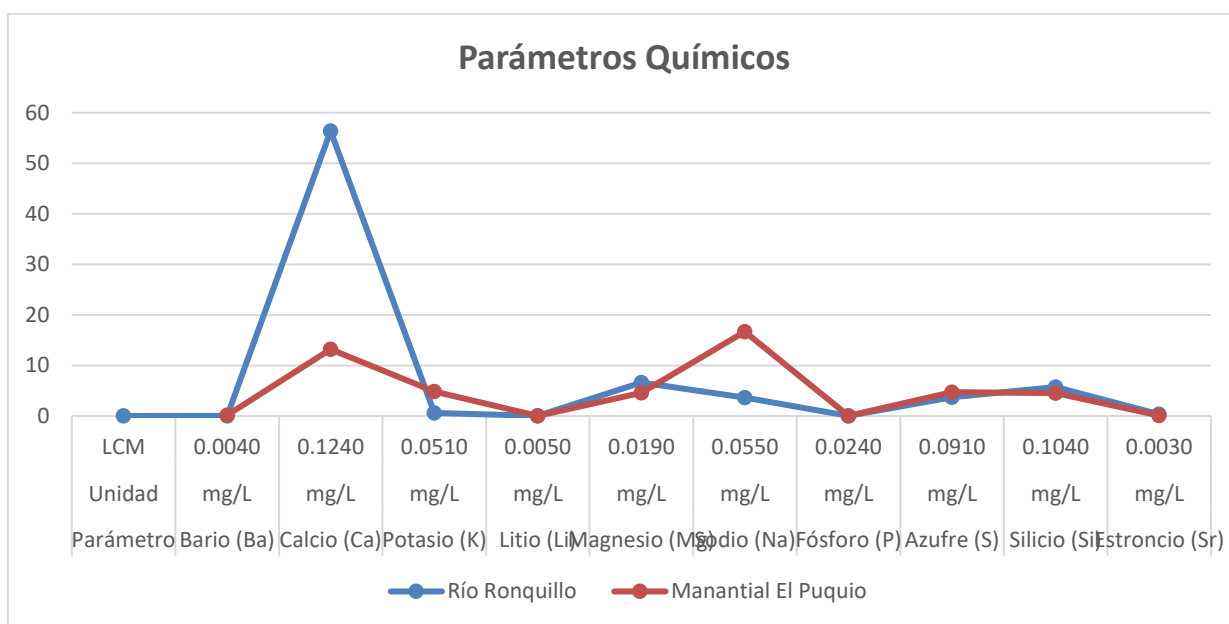
Según los resultados el agua del manantial presenta 33 NMP/100mL mientras que el río presenta 40 NMP/100mL. Ambos resultados están por encima del límite permisible (20 NMP/100mL), lo cual lo haría un agua no potable apta para el consumo humano, puesto que estos valores se deben a que el agua está contaminada con desechos fecales. En el caso del río Ronquillo este resultado podría ser infiltraciones de desechos fecales de los pobladores aledaños al río. Mientras que en el manantial posiblemente también este pasando este problema con la filtración de desechos.

3.8.4.11. Parámetros Químicos

Los análisis químicos constituyen uno de los principales requisitos para caracterizar el agua. Entre los contaminantes químicos, los que generan especial inquietud son los que tienen propiedades tóxicas acumulativas, como los metales pesados y las sustancias carcinógenas.

Figura44

Comparación De Parámetros Químicos



Nota. Diagrama comparativo de parámetros químicos entre el río Ronquillo y el manantial el Puquio. **Fuente:** Propia

En la figura número 42 se puede apreciar los metales que se encuentran disueltos en el agua de ambas muestras (manantial el Puquio y el río Ronquillo), en este se puede apreciar que en el río Ronquillo hay mayor presencia de calcio y magnesio, mientras que en el manantial el Puquio existe mayor presencia de Sodio y Calcio.

Teniendo en cuenta los estándares nacionales de calidad ambiental para agua la presencia de bario debe ser menos a 0,7 mg/L teniendo como resultado un valor de 0,132 mg/L en el

manantial y 0,034 mg/L en el río Ronquillo, ambos resultados están dentro del límite permisible de Bario.

La presencia de magnesio para el agua de esta misma categoría no debe de pasar los 0,4 mg/L teniendo, así como resultado en el agua del manantial el Puquio un valor de 4,605 mg/L y 6,630 mg/L en el río Ronquillo. Ambos sobrepasan el límite permisible.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Las características hidrogeológicas del manantial el Puquio permitirán determinar la zona de recargar de este mediante factores estructurales que permiten el recorrido de esta agua, así como también el análisis físico-químico, el cual nos permitirá determinar el tipo de agua de presenta el manantial por lo que se acepta la hipótesis formulada acerca de las características hidrogeológicas para determinar la zona de recarga del manantial el Puquio ubicado en la ciudad de Cajamarca.

Se observó que la formación del manantial el Puquio se debe a la presencia de fallas en el valle de Cajamarca, teniendo como principal la falla que va de NW-SE la cual se interseca con una falla inferida que tiene con una dirección de SW hacia NE, teniendo un punto de intersección dando lugar este al origen del manantial.

También se analizó que la zona de recarga de este manantial podría ser el río Ronquillo puesto que la falla principal con dirección NW-SE pasa por este río haciendo llegar esta agua al punto del manantial mediante posibles infiltraciones debido a las unidades litológicas que presenta dicha zona como por ejemplo las formaciones Chulec, en la cual encontramos calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas; Inca, donde encontramos areniscas calcáreas y limolitas y Farrat, donde encontramos areniscas blancas y cuarcitas las cuales serían las causantes de la formación dando origen a un acuífero fisurado de origen sedimentario con susceptibilidad media.

Según el diagrama de Piper realizado en la investigación ambas muestras tienen una clasificación de agua sulfatada y/o clorurada cálcica.

Por otro lado, se analizó parámetros no específicos y se obtuvo que el potencial de hidrogeno (pH) de ambas muestras de aguas no varían mucho entre ellas puesto que ambas son aguas

neutras. Además, se analizó la conductividad eléctrica de estas aguas y ambas se encuentran dentro del límite permisible. También, tuvimos como resultado la temperatura y estas no difieren mucho entre ellas.

Según resultados obtenidos por el laboratorio regional del agua, uno de sus parámetros químicos de ambas muestras de agua presenta un elevado valor de magnesio haciendo que estas sobrepasen el límite permisible establecido por el decreto supremo N° 015-2015 MINAM.

Finalmente, se observó que el resultado del análisis microbiológico de ambas muestras de agua presenta un valor elevado en coliformes termotolerantes haciendo que estas aguas se encuentren sobre el límite permisible establecido por el decreto supremo N° 015-2015 MINAM. Lo cual sería un factor muy importante puesto que el agua del manantial está siendo usada para el consumo humano.

Como limitación los resultados de este estudio solamente se realizaron en el río Ronquillo y en el manantial el Puquio, puesto que fue nuestra mayor zona de interés por lo cual no se pudo realizar análisis en otras fuentes de agua debido al tema económico de los tesisistas.

Por otro lado, INGEMMET, (2020), realizó un estudio de la "hidrogeología de la Cuenca del Río Tambo, Arequipa, Moquegua y puno". En el cual establece zonas potenciales de captación y recarga de aguas subterráneas. Resulta que los sistemas de flujos locales son recargados en la parte alta de una topografía local y esta descarga en las laderas adyacentes de dicha topografía, siendo este el caso de nuestra investigación donde apreciamos que la posible zona de recarga del manantial el Puquio se encuentra en la zona de mayor altitud.

Así mismo, Lezama y Vásquez, (2016) mencionan en su estudio que los resultados del análisis fisicoquímico (pH, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos totales disueltos, alcalinidad, dureza total, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos), que se realizaron en las aguas

del manantial Huañambra mostraron que no existe contaminación debido, a que sus concentraciones están por muy debajo de la ECA Nacional. Sin embargo, en nuestra investigación se realizó un análisis fisicoquímico y microbiológico, los resultados de este análisis demuestra que esta agua no es apta para el consumo humano ya que muestra una alta concentración de Magnesio y Coliformes Termotolerantes los cuales sobre pasan los límites establecidos por Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM que habla de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

Por otro lado, Vásquez, (2017) menciona que el agua para consumo humano del manantial "La Shita" es clorada, mas no tiene ningún tratamiento para agua potable, mientras que el agua del manantial el Puquio es de tipo sulfatada y/o clorurada cálcica.

Las recomendaciones que sugerimos al comité vecinal del manantial el Puquio es realizar otro análisis de coliformes termotolerantes ya que el resultado de este fue elevado con relación al límite permisible y es preocupante puesto que el agua de este manantial es utilizada para el consumo de los habitantes aledaños a este.

También se recomienda realizar un estudio estructural del valle de Cajamarca en el cual se pueda estudiar más afondo y con más detalle las fallas existentes en la zona, utilizando instrumentos que puedan convalidar los resultados.

Finalmente recomendamos realizar más puntos de muestreo en diferentes zonas para identificar otras posibles zonas de recarga del manantial y evaluar más parámetros químicos y físicos los cuales permitan un estudio con mas detalle.

4.2. Conclusiones

Las características hidrogeológicas nos permitieron determinar la posible zona de recarga del manantial el Puquio siendo este el río Ronquillo en el sector Urubamba gracias a los estudios estructurales y unidades litológicas analizados en esta investigación.

Los antecedentes estructurales mencionan una falla principal que cruza el valle de Cajamarca con dirección NW-SE la cual se intersecta con una falla inferida con dirección NE-SW la cual da origen a la formación del manantial. La falla principal cumple con las características que hacen posible el escurrimiento de agua puesto que se aprecian formaciones con materiales como las arcillas que sirven para permeabilizar la zona de infiltración, así como las areniscas que permiten transmitir el agua dando origen a un acuífero.

Los parámetros físicos del manantial el Puquio muestran un pH de 6.66 (agua neutra), temperatura de 18,6 °C (agua templada), conductividad eléctrica de 191 $\mu\text{s}/\text{m}$ y sólidos disueltos totales de 133 mg/L. Mientras que los parámetros químicos muestran que la presencia de cloruros es de 0,523 mg/L, Sulfatos es 11,22 mg/L, nitratos es de 0,485 mg/L, estos aniones se encuentran dentro de los límites permisibles. La presencia de metales disueltos como el Sodio es de 16,68 mg/L, potasio 4,828 mg/L, calcio 13,20 mg/L y magnesio con 4,605 mg/L, obteniendo así que este último (Magnesio) sobrepasa el límite permisible establecido por el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM que habla de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

Los parámetros químicos del río Ronquillo muestran que la presencia de cloruros es de 0.700 mg/L, Sulfatos es 8.764 mg/L, nitratos es de 0.869 mg/L, estos aniones se encuentran dentro de los límites permisibles. La presencia de metales disueltos como el Sodio es de 3.653 mg/L, potasio 0.609 mg/L, calcio 56.39 mg/L y magnesio con 6.630 mg/L, obteniendo así que este último (Magnesio) sobrepasa el límite permisible establecido por el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM que habla de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Evaluados estos parámetros obtenidos de ambos puntos de muestreos y comparados, concluimos que los resultados no varían mucho entre sí, además, ambas muestras coinciden en los valores que sobrepasan el máximo límite permisible. Teniendo como resultado un agua de tipo sulfatada y/o clorurada cálcica en ambas muestras.

La presencia de coliformes termotolerantes en el manantial el Puquio fue de 33 NMP/100mL, mientras que la del río Ronquillo fue de 40 NMP/100mL. La cual sobrepasan el límite permisible establecido por el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM que habla de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

REFERENCIAS

- Bustamante, E. (2017). *Identificación de procesos hidrogeoquímicos aplicando modelación inversa en el acuífero Soconusco, Chiapas*. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.
<https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/1259/1/TMIPICYTB8I3207.pdf>
- Carpio, J., & Peña, F. (2020). *Hidrogeología de la cuenca del río Tambo Regiones Arequipa, Moquegua y Puno*. INGEMMET [Boletín – H 5].
- Chapman, D. 1996. Water Quality Assessment. *A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. E ed. London, UNESCO/WHO/UNEP.
- CIRA-UAEM (Centro interamericano de Recursos del agua-Universidad Autónoma del Estado de México, MX). 2005. *Recursos Hídricos*.
- Cruzado, G. Crisólogo, E. (2011). *Estudio de Geología*. Gobierno Regional de Cajamarca.
http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/Cajamarca/Memoria_Descriptiva_Geologia.pdf
- Falcón, C., Moreno, G., & Combina, A. (2015). *Evaluación de las Aguas Termales en el área de Santa Teresita, Provincia de La Rioja, Argentina*. Contribuciones a la Geología Argentina. <http://www.insugeo.org.ar/publicaciones/docs/scg-31%20-1-02.pdf>
- Fawell, J. & Nieuwenhuijsen, M. (2003). Contaminants in drinking water. British medical bulletin. 68. 199-208.
- MINAM. (2015). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Decreto Supremo N° 015-2015. *El Peruano*.

- Peñuela A. y Carrillo J. (2012), "*Discharge areas as a useful tool for understanding recharge areas, study case: Mexico catchment*", Environmental Earth Sciences.
- OMS (Organización Mundial de la Salud, US). 1999. *Guías para la calidad del agua potable. Addendum al volumen 1 Recomendaciones*. 2 ed. Ginebra: OMS.
- Peña, F., Renou, F., Condori, E., Sánchez, M., & Pari, W. (2019). Hidrogeología de la cuenca del río Huaura (13756) - región Lima INGEMMET [Boletín – H 7].
- Pérez, A., Delgado, L., & Torres, P. (2012). *Evolución y perspectivas del sistema de abastecimiento de la ciudad de Santiago de Cali frente al aseguramiento de la calidad del agua potable*. Ingeniería y Conectividad R. Revista Científica y Tecnológica.
- Quispe, D. (2017). *Calidad bacteriológica y físico-química del agua de seis manantiales del distrito de Santa Rosa - Melgar*.
- Ramírez, E. y Rodríguez, A. (2009). *Sistema para la Identificación de Aguas en Pozos Petroleros (SIAPP)*. Ciudad de La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas. Facultad 9.
- Romero, J. (1996). *Acuiquímica*. Santafé Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Vásquez, S. (2017). Caracterización fisicoquímica de la calidad del agua del manantial la Shita destinada al consumo humano, Cajabamba.
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO). 2019. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*. No dejar a nadie atrás. París, UNESCO.
- WWAP (Programa Mundial de evaluación de los recursos Hidricos, FR). 2003. *Primer informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hidricos*.

Zegarra, D. (2016). Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del manantial
Huañambra en José Galvez - Celendín.

ANEXOS

Figura 45

Informe De Laboratorio



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0221097

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			R.U.-01	P.U.-01	-	-	-	-
Código Laboratorio			0221097-01	0221097-02	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Superficial	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Urubamba	Jr. Cumbre Mayo C-1	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Disueltos					
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.0060	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.034	0.132	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	56.39	13.20	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.0610	0.609	4.828	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.0060	0.006	0.021	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	6.630	4.605	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.0660	3.653	16.68	-	-	-	-
Níquel (Ni)	mg/L	0.0060	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	0.033	0.030	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.0910	3.695	4.737	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0060	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	5.750	4.553	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	0.353	0.117	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.0160	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cerío	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM	<LCM	-	-	-	-

Cajamarca, 03 de marzo de 2021



Firmado digitalmente por NEYRA
JAICO Esmer Miguel FAL
20453744160.pdf
Módulo: Sig. V. D.
Fecha: 03.03.2021 14:10:11 -05:00

AL URB ALBERTO SÁNCHEZ S/NL URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe / laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe FONO: 598000 anexo 1340.

Página: 2 de 4

Figura46

Informe De Laboratorio



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0221097

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código de la Muestra			R.U.-01	P.U.-01	-	-	-	-
Código Laboratorio			0221097-01	0221097-02	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Superficial	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Unumbra	Jr. Cumbre Mayo C-1	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.0300	0.172	0.160	-	-	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.0650	0.700	0.523	-	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.0500	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.0350	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.0640	0.869	0.458	-	-	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.0700	8.764	11.22	-	-	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.0320	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg CaCO ₃ /L	0.0500	227.4	91.8	-	-	-	-
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	2.5000	272.5	133.0	-	-	-	-
Dureza Total	mg/L	1.0400	168.6	50.4	-	-	-	-

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

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes	NMP/100mL	1.0	40	33	-	-	-	-
Termotolerantes								

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

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

FIRMA DIGITAL
V°B° GRC GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
Firmado digitalmente por ZULUETA SANTA CRUZ, Diver PAU
20453744168.aad
Motivo: Day V° B°
Fecha: 03/30/2021 12:43:04 -05:00

FIRMA DIGITAL
V°B° GRC GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
Firmado digitalmente por NEYRA JACO, Ester Migué PAU
20453744168.aad
Motivo: Day V° B°
Fecha: 03/30/2021 14:06:29 -05:00

Cajamarca, 03 de marzo de 2021

Figura 47

Certificado INACAL Del Laboratorio Regional Del Agua.



Figura 48

Formato De Rotulación De Muestreo En Campo

LABORATORIO REGIONAL DE AGUA Etiquetas de Muestreo			CODIGO DEL CLIENTE
CÓD. DE LABORATORIO: <input style="width: 150px; height: 40px; border: 1px solid black; border-radius: 10px;" type="text"/>			ID MUESTRA <input style="width: 200px; height: 50px; border: 1px solid black; border-radius: 10px;" type="text"/>
Parámetros Físicos-Químicos-Biológicos			LOCALIZACIÓN <input style="width: 200px; height: 40px; border: 1px solid black; border-radius: 10px;" type="text"/>
Ph	Cloro....	Nitrogeno	FECHA Y HORA <input style="width: 200px; height: 40px; border: 1px solid black; border-radius: 10px;" type="text"/> MUESTRADEOR <input style="width: 200px; height: 40px; border: 1px solid black; border-radius: 10px;" type="text"/>
Conductividad	Metales Totales	CN.....	
Turbidez	Mercurio	Cromo VI	
Aniones.....	Dureza	Color	
TDS	Metales Disueltos	Sulfuros	
Color	DQO	NC. Totales	
Observaciones:.....			

Fuente: *Laboratorio Regional del Agua.*

Figura 49

Manantial El Puquio, Ubicado En El Jr. Cumbe Mayo C-1



Figura50

Manantial El Puquio



Figura51

Agregando acido nítrico (NH_3) a la muestra



Figura52

Toma De Muestra En El Manantial El Puquio



Figura 53

Toma De Muestra En El Manantial El Puquio

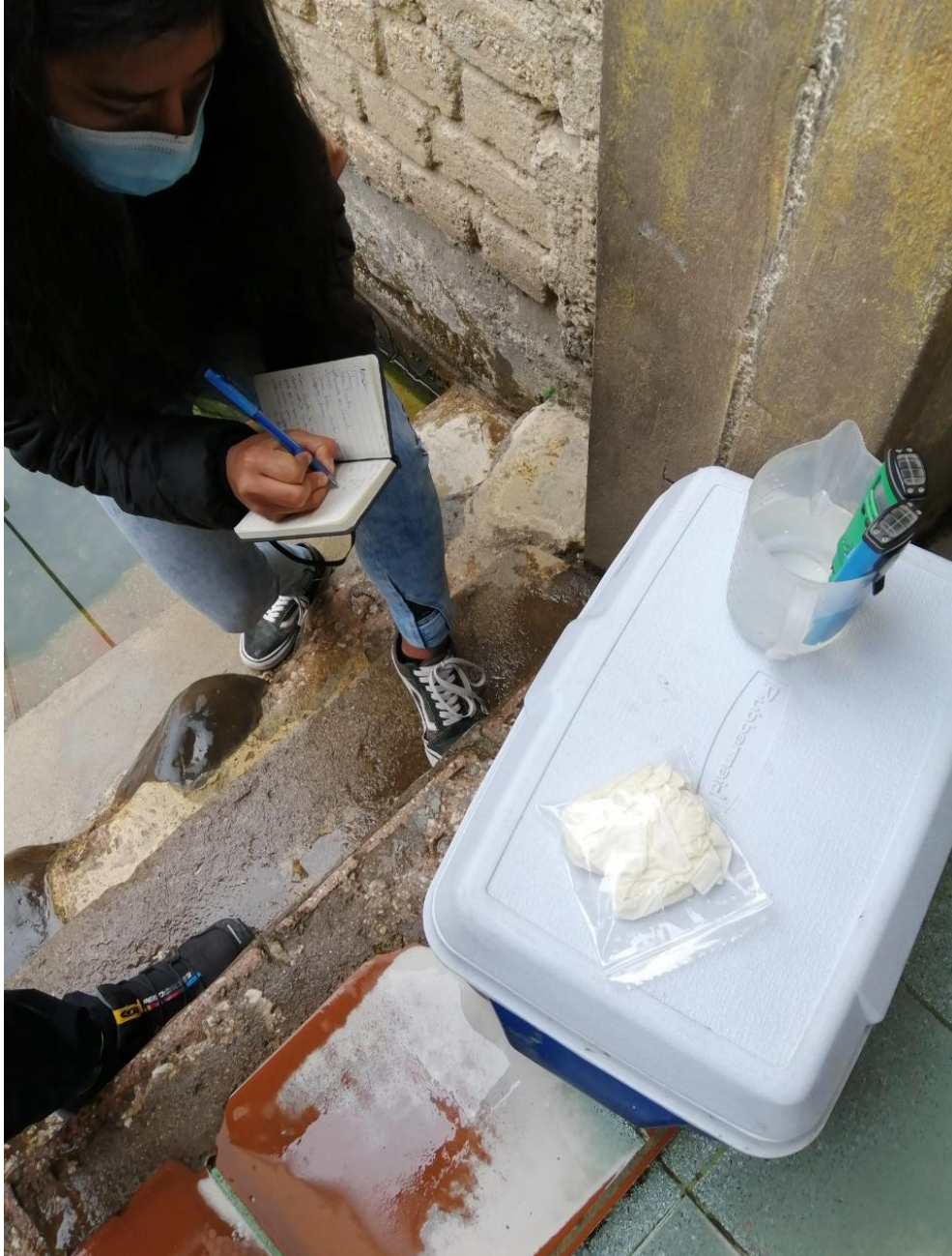


Figura54

Punto De Muestreo Río Ronquillo



Figura 55

Toma De Muestra Río Ronquillo



Figura56

Medición De Parámetros No Específicos



Figura 57

Frascos Etiquetados



Figura 58

Frascos De Muestreo Llenados



Figura 59

Muestras Entregadas A Laboratorio

