

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA GEOLÓGICA**

“CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y
CATEGORIZACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA SEGÚN
LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL EN EL
CASERÍO CUMBE CHONTABAMBA, BAMBAMARCA 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autores:

Donna de los Milagros Chavez Caruajulca
Jean Alexander Palomino Galvez

Asesor:

Mg. Ing. Óscar Arturo Vásquez Mendoza
<https://orcid.org/0000-0003-4920-2204>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	DANIEL ALEJANDRO ALVA HUAMÁN	43006890
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	MIGUEL RICARDO PORTILLA CASTAÑEDA	45209190
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	JULIAN RICARDO DIAZ RUZ	09294063
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres por ser ejemplo de sacrificio y esfuerzo, por brindarme su confianza, fortaleza, dedicación, perseverancia, y por inculcarme grandes valores que me ayudaron en mi formación personal y académica para lograr alcanzar mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios, por guiarnos por el camino correcto; a nuestra familia, que nos brindaron su apoyo en nuestra formación profesional y a nuestro asesor, por brindarnos el soporte mediante sus consejos en base a su experiencia, para desarrollar en presente trabajo.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	16
1.3. Objetivos	16
1.4. Hipótesis	17
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	18
CAPÍTULO III: RESULTADOS	29
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	41
REFERENCIAS	45
ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	25
Coordenadas UTM - WGS84 de la zona de estudio.....	25
Tabla 2	28
Coordenadas UTM y descripción de estaciones de monitoreo.....	28
Tabla 3	35
Resultados de parámetros físico-químicos y microbiológicos del Laboratorio Regional del Agua.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	21
Toma de muestra para ser llevadas a laboratorio	21
Figura 2	22
Medida del caudal.....	22
Figura 3	22
Medida de parámetros físico-químicos in situ.....	22
Figura 4	24
Tarjeta de muestreo para campo	24
Figura 5	26
Plano geológico de la zona de estudio.....	26
Figura 6	27
Asignación de perfiles geológicos	27
Figura 7	29
Perfil Geológico A-A´ de la zona de estudio.....	29
Figura 8	30
Perfil Geológico B-B´ de la zona de estudio.	30
Figura 9	31
Evaluación del caudal por mes	31
Figura 10	32

Evaluación de temperatura por mes.....	32
Figura 11	33
Evaluación de potencial de hidrógeno por mes	33
Figura 12	34
Evaluación de Conductividad Eléctrica por mes	34
Figura 13	35
Evaluación de Sólidos Totales Disueltos por mes.....	35
Figura 14	38
Diagrama de Piper de las muestras analizadas	38
Figura 15	39
Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas.....	39
Figura 16	40
Diagrama de Stiff de las muestras analizadas	40

RESUMEN

La investigación se realizó en el caserío Cumbe Chontabamba, del distrito de Bambamarca, provincia Hualgayoc, región Cajamarca; donde se tuvo como objetivo realizar una caracterización hidrogeológica para categorizar las fuentes de agua según los Estándares de Calidad Ambiental. Se desarrolló mediante un análisis físico-químico y microbiológico, tomándose parámetros de caudal, potencial de hidrógeno, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos para evaluar su evolución. Como resultado se tiene un caudal máximo entre las estaciones de 3.3 L/S; temperaturas que van desde 28 °C (agua termal) a los 13 °C (aguas templadas), siendo rangos máximos y mínimos; un pH 6.5 a 8.5 (ligeramente ácido a básico); una Conductividad Eléctrica y Sólidos Totales Disueltos dentro de los parámetros mínimos establecidos; además, la litología y el control estructural muestran un ambiente calcáreo y un anticlinal que influyen en la calidad y el flujo del agua. Concluyendo que las estaciones el Aliso (CEA) y Ojo de agua (COA), se encuentran dentro de la Categoría 1, subcategoría A (aguas aptas para consumo humano), no sobrepasando los límites mínimos establecidos en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM que son los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua; lo que no ocurre con la estación Baño Macho (BMEst01). Así mismo, se caracterizó a las aguas como tipo bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas de flujo local dentro de un ambiente de rocas carbonatadas.

PALABRAS CLAVES: Caracterización hidrogeológica, hidroquímica, parámetros físico químicos, Estándares de Calidad Ambiental.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El agua es un recurso esencial en el desarrollo de la vida, por ello es necesario llevar un mejor control y gestión para impulsar el crecimiento económico de los países y contribuir en gran medida a la reducción de la pobreza (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2019). Un aspecto a considerar es lo mencionado por la NASA, que, de los 37 acuíferos más grandes del mundo, 21 de ellos han sobrepasado el límite de su sostenibilidad (Todd, 2015, párr. 2). Además, según la OMS, para el año 2025, la mitad de la población mundial vivirá en zonas de escasez de agua, por ende, es necesario su estudio. Así mismo, la ONU (s.f.) menciona que alrededor de 2 000 millones de personas carecen de agua potable y esa misma cantidad de personas viven en países que sufren escasez de agua; de igual manera, se menciona que el 70% de la extracción de agua a nivel mundial es para el uso de la agricultura, pero debido a la aplicación de fertilizantes, estiércol, plaguicidas, talas, riego, acuicultura, etc., causan el deterioro de la calidad del agua (Ongley, 1997, p.1).

La contaminación de las aguas es generada de manera natural y por las actividades antropogénicas, produciendo microbios patogénicos, sustancias que consumen el oxígeno del agua, metales pesados y sedimentos en suspensión, entre otros; además, en países en vía de desarrollo más del 80% de las aguas residuales se descarga a las fuentes hídricas sin ningún tipo de tratamiento (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2017, p. 1).

El Perú se ubica dentro de los 17 países con mayor riqueza hídrica, con 74 743 m³ de agua renovable por año, distribuidos en 12 000 lagos y lagunas de 20 cordilleras glaciares; sin embargo, no se conoce la cantidad de agua disponible en lagunas, humedales y acuíferos

subterráneos (Shady, 2019, p. 7). Es decir, el agua en nuestro país es uno de los recursos abundantes e indispensables para el desarrollo económico y la conservación de los ecosistemas; sin embargo, en muchas zonas del Perú aún no se realizan los estudios pertinentes para garantizar la calidad del agua (ANA, 2018, p. 12).

Según definen Custodio y Ramos (1983):

Hidrogeología es aquella parte de la Hidrología que corresponde al almacenamiento y circulación y distribución de las aguas terrestres en la zona saturada de las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones con el medio físico y biológico y sus reacciones a la acción del hombre. (p. 249)

En años posteriores, con la necesidad de satisfacer la disponibilidad de los recursos hídricos de buena calidad se realizan investigaciones hidroquímicas (El Alfy et al., 2017, p. 2), brindando información acerca de la degradación y presencia de contaminantes que puedan afectar el recurso hídrico. En la actualidad para la detección de los elementos químicos presentes en las sustancias, se aplica algunas técnicas en laboratorio, tales como: Absorción Atómica (AA), que se expone a una "fuente de radiación conocida", es decir, se programa para la identificación de un elemento específico (ALS, 2019, párr. 18); y el Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP), instrumentos analíticos que permiten medir de forma simultánea un gran número de elementos de la tabla periódica (AGQ Labs, 2021, párr. 5).

La investigación se desarrolló tomando en consideración el panorama metodológico, entendido en los términos de García (2012) según los cuales, en una investigación que se realiza por este enfoque “se puede evaluar la evolución del acuífero, su vulnerabilidad,

detectar afectaciones y establecer medidas correctoras, teniendo en cuenta que la categorización hidroquímica dependerá de la calidad del agua” (p. 30).

Por ello, se realiza el análisis físico-químico y microbiológico de cada fuente de agua, para que no represente un riesgo significativo en la salud de las personas ni en el medio ambiente (Villena, 2018, p. 305), teniendo que clasificarla en los diferentes grupos de acuerdo a su categoría y subcategoría de los ECA para el agua y saber cuál sería su utilidad (El Peruano, 2017, p. 10).

Para ello, se utiliza los diagramas de Piper, Stiff y Schoeller, que son aptos para el análisis de aguas y permite obtener los valores de las relaciones iónicas entre cationes o aniones, e identificar el tipo de agua, el medio por donde circulan las aguas y la elaboración de mapas hidroquímicos (Custodio y Llamas, 1976, p. 1037).

Por tal motivo, en nuestro país el 7 de junio de 2017 se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y se establecieron disposiciones complementarias mediante el decreto supremo N°004-2017-MINAM, que son los que rigen los límites mínimos permisibles para realizar un control de las aguas (El Peruano, 2017, p. 10). Además, la Autoridad Nacional del Agua (2018) mediante una Resolución Jefatural N°068-2018-ANA, el 21 de febrero del mismo año aprueba la Metodología para determinar el Índice de Calidad de Agua ICA-PE, con la finalidad de realizar un control, vigilancia y fiscalización de las fuentes de agua.

Justificación:

Teniendo para esta investigación, una justificación tipo práctica ya que la información obtenida, así como su difusión posibilitará la participación activa por parte de entidades públicas o privadas relacionadas con el rubro de la hidrogeología, y en

coordinación con las autoridades ambientales para poder elaborar un plan estratégico que disminuya la desinformación y el mal uso del agua (no saber si es apta para fines domésticos, potables, agrícolas o ganaderos). Pudiendo así en un futuro realizar proyectos en beneficio de la comunidad; de forma adicional, la información y metodología servirán como base para futuros proyectos, como implementación de un reservorio y gestión del recurso hídrico.

Antecedentes:

Antecedentes Internacionales.

Como menciona Rezaei et al. (2020), en la cuenca de Dalgan, Irán, en su artículo realiza una evaluación del agua subterránea para uso de riego o agua potable de manera sostenible, de acuerdo a parámetros fisicoquímicos (pH, EC, TDS y T), cationes (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}), aniones (Cl^- , HCO_3^- , y SO_4^{2-}) y con el uso de técnicas estadísticas multivariadas; llegando a la conclusión de que las fuentes geogénicas y antropogénicas son responsables de la variación en los parámetros fisicoquímicos, por ello recomiendan el uso simultáneo de estos métodos para determinar la calidad del agua subterráneas en cualquier zona de estudio (pp. 2-5).

En el caso de Venkatramanan et al. (2013), alrededor del distrito de Nagapattinam, India, también centran su estudio en la determinación de parámetros fisicoquímicos como el pH, CE, TDS, Ca, Mg, Na, K, HCO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^- para fines potables, domésticos y agrícolas, pero basándose en las normas de la OMS. Así también, emplearon los análisis estadísticos multivariados para mejorar la comprensión del estado de las aguas subterráneas y la respectiva evaluación de la calidad; pudiendo así afirmar que la escorrentía agrícola es un factor dominante que controla la hidrogeoquímica de las aguas subterráneas (pp. 3-7).

En el artículo de Pérez et al. (2017), en la cuenca del río Actopan, México, a partir de la interpretación de datos fisicoquímicos y químicos determinan el origen de las aguas subterráneas, midiendo parámetros de pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (TDS), temperatura y alcalinidad; y a partir de una exploración hidrogeológica indican las diferentes unidades litoestratigráficas. Evidenciando la existencia de flujos subterráneos someros y de circulación rápida (flujo local). Y para corroborar sus resultados, utilizan la hidrogeología isotópica (p. 2).

De igual modo en la investigación de Ansari et al. (2015), en el valle de Kandela, India, se realiza un muestreo y un análisis iónico-químico, medido in situ utilizando una sonda multiparamétrica obtenida en Hanna (HI9828), para evaluar la calidad del agua, los posibles orígenes y la evolución hidroquímica de las aguas. Todo ello a partir del modelado geoquímico (PHREEQC), muestra la sobresaturación del agua, por el carbonato; y subsaturada, por la precipitación de la evaporita; concluyendo así que el agua subterránea se encuentra en condiciones de nivel freático y que es apta para la agricultura y consumo humano (pp. 2-3).

De igual importancia, el estudio realizado por Shamsi et al. (2018), en la subcuenca Lar, al Norte de Irán, destaca la importancia de identificar las estructuras y rasgos geológicos que presenta la zona de estudio, así como realizar una evaluación hidroquímica e isotópica para confirmar los resultados. Así pues, evidencian que las mediciones químicas se toman in situ ya que las fuentes Kársticas (según los resultados del análisis hidroquímico) están influenciadas por disolución de rocas carbonatadas (caliza y dolomitas). Por ello, en épocas sin precipitación, son dominadas por iones de Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3 y SO_4^{2-} ; sin embargo, en época de lluvias, por iones de Na^+ , Cl^- , K^+ , y SO_4^{2-} ; afirmando y evidenciando de esta manera que los manantiales están controlados por la geología local (pp. 3-8).

Por su parte, Rodríguez, M. et al. (2017), en la localidad de Vaqueros, Argentina, realizaron la monitorización de los indicadores físico - químicos y microbiológicos teniendo en cuenta el Código Alimentario Argentino. Pudiendo observar que las fuentes con tratamiento de potabilización presentaron desviaciones en algunas variables en época de lluvia; no obstante, las fuentes sin tratamiento incumplieron con los requisitos bacteriológicos. Haciendo hincapié en la prioridad de reanalizar los sistemas de potabilización como garantía para su eficacia permanente (p. 3).

Antecedentes Nacionales.

En la investigación realizada por Álvarez y Chávez (2018) caracterizaron los parámetros físico-químicos del agua para determinar si era apta para consumo humano en el centro poblado de Potrerillo, Moyobamba. Obteniendo según el Estándar de Calidad Ambiental que no se podrá realizar el proceso de cloración; si no que, se necesitará de un tratamiento convencional para ser potabilizada (pp. 12-15).

Así mismo, Mamani (2021), evaluó los parámetros físico-químicos y microbiológicos de los manantiales Huayllani y Occororo Pujó, Puno, para compararlos con los Estándares de Calidad Ambiental, demostrando que las 4 estaciones de muestreo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para la Categoría 1, Subcategoría A, siendo aptas para consumo humano (pp. 9-11).

Antecedente Local.

El estudio de Quispe y López, (2013), consistió en caracterizar la geología e hidrogeología de la Microcuenca San Cirilo-La Encañada a escala 1:15,000, determinando pH, conductividad eléctrica, temperatura y caudal de los afluentes. Obteniendo que el pH promedio en las lagunas es de 4.84, en los afluentes que interceptan en el centro de la

microcuenca es de 6.46, y en la unión de las dos quebradas es de 7.55, por las zonas mineralizadas que se encuentra en el inicio de las quebradas y en su curso se encuentra con rocas carbonatadas; Así también se interpretó el comportamiento geológico e hidrogeológico (Nivel Freático a 175 m. apróx.) (pp. 3-9).

Por lo que, para realizar la caracterización hidrogeológica, nos basaremos en la geología (realizando un mapeo geológico a detalle para el reconocimiento de las formaciones geológicas) y categorización de las aguas subterráneas (para los aspectos prácticos de usos agrícolas, contaminación, consumo humano, etc.).

1.2. Formulación del problema

A partir de lo mencionado anteriormente, formulamos la siguiente pregunta ¿Cuáles son las características hidrogeológicas que presentan las fuentes de agua para su categorización según los ECA en el caserío Cumbe Chontabamba, Bambamarca 2022?

1.3. Objetivos

Objetivo General:

Realizar una caracterización hidrogeológica para categorizar las fuentes de agua según los ECA en el caserío Cumbe Chontabamba, Bambamarca 2022.

Objetivos Específicos:

Realizar un cartografiado (litológico y/o estructural), y secciones para reconocer las características geológicas de la zona.

Realizar el monitoreo del caudal, pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos de las estaciones.

Comparar la concentración de los parámetros físico – químico y microbiológicos de las muestras de agua obtenidas en campo con los parámetros establecidos por los ECA para Agua.

Determinar el tipo de agua mediante los diagramas de Piper, Schoeller, Stiff.

1.4. Hipótesis

Hipótesis general:

La caracterización hidrogeológica, posibilitará evaluar la calidad del agua mediante sus propiedades físico-químico y microbiológicas para su posterior categorización según los ECA (Categoría 1, subcategoría A).

Hipótesis específicas:

Mediante el cartografiado, secciones se comprenderá el medio por donde circulan las aguas subterráneas.

El monitoreo servirá para conocer las variaciones en el caudal, pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos.

La comparación de los resultados del análisis del agua con los ECA para Agua permitirá conocer si los valores no sobrepasan los límites máximos permisibles (LMP).

Los diagramas Piper, Schoeller y Stiff nos ayudará a representar los diferentes tipos de agua.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Tipo de investigación.

Según Vargas (2009):

La investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, la cual se caracteriza por buscar la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. Además, constituye una forma ágil de resolver situaciones de interés propio del ámbito disciplinar y profesional (pp. 159-160)

Para la investigación no experimental, los autores Palella y Martins (2012), manifiestan que “el estudio se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable, teniendo en cuenta que el investigador observa los hechos tal y como se manifiestan en el contexto real y en el tiempo determinado o no, para luego analizarlos” (pp. 152-153).

“La investigación descriptiva consiste en la recopilación de datos que describen los acontecimientos y luego organiza, tabula, representa y describe la recopilación de datos” (Glass & Hopkins, 1984, p. 198).

El tipo de investigación del presente proyecto es descriptiva, la cual busca analizar características hidrogeológicas importantes que influyen en la química del agua, para clasificarlas según su tipo y comprobar si es apta para el consumo humano; además, de los rasgos geológicos que estas presentan a fin de identificar las zonas de recargas, para una mejora continua de la productividad del recurso hídrico.

Población y muestra.

Población.

Fuentes de agua subterránea y el río que cruza por el caserío Cumbe Chontabamba, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

Muestra.

Se aplicó un muestreo selectivo, identificando 7 fuentes de agua subterránea y el río como representativos en el sector Cumbe Chontabamba – Bambamarca, de 6 se tomaron los parámetros físico – químicos in situ y de 3 se sacaron muestras para ser llevadas a laboratorio y realizar el análisis respectivo. Siendo estos seleccionados debido a su favorable accesibilidad y a los permisos obtenidos por parte de los dueños.

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.

La técnica empleada para la recolección de información es la observación directa en campo, debido a que se tomará datos in situ, se hará un reconocimiento de las estructuras geológicas y se tomarán muestras de agua para ser enviadas a laboratorio.

Así mismo, se entrevistó a los pobladores, indicándonos las características que tienen las fuentes de agua, como: color, sabor, olor, temperatura, el uso que le dan y la cantidad de agua que hay por temporada. Es así que se programó una reunión con los pobladores con la intención de obtener los permisos de accesibilidad para la toma de muestras (ver anexo D).

Adicionalmente, el instrumento para la recolección de datos in situ es la tarjeta de muestreo que ha sido adaptado del Autoridad Nacional del Agua (ANA), mostrando validez y confiabilidad, debido a que permitirá tener un orden, secuencia y control.

En la tarjeta se colocarán coordenadas, fecha y hora, e indicar los parámetros físico – químicos (ver figura 1).

Instrumento para la recolección de datos:

Imágenes satelitales, mapas topográficos y geológicos: Fundamental para comenzar a mapear y tener un conocimiento previo de la geología de la zona.

Medidores paramétricos HANNA: Permiten realizar la medición de los parámetros fisicoquímicos del agua.

Tarjeta de muestreo: Permitirá tener un orden, secuencia y control al momento de realizar la toma de muestras (Ver figura 1). La técnica utilizada es la observación directa en campo donde se obtuvieron las muestras, utilizando la hoja de recolección de datos.

Se utilizaron también instrumentos complementarios, como: plano topográfico, brújula, cámara, balde, guantes, jarra de plástico, GPS Garmin, libreta de campo, picota de geólogo, protactor, materiales proporcionados en laboratorio.

Procedimiento de recolección de datos:

Para lograr que el trabajo cumpla con los tiempos establecidos y de manera correcta, se programaron las siguientes etapas.

Trabajo de gabinete pre-campo.

Búsqueda bibliográfica.

Esta etapa se realizó una investigación documental para profundizar en el enfoque teórico de nuestras variables, para ello se hizo la revisión de prestigiosas revistas a nivel mundial como Redalyc, ScienceDirect, Springer Link y SciELO, considerando que las investigaciones encontradas estén relacionadas directamente con nuestras variables y que hayan sido publicadas en los últimos diez años.

Programa de muestreo.

Para la realización del programa de muestreo se realizó los siguientes procesos:

Se tomaron las muestras siguiendo el protocolo dado por el Laboratorio Regional del Agua para evitar la contaminación de estas (ver figura 1).

Trabajo de campo.

En campo se procedió a realizar un cartografiado geológico de la zona de estudio, con la finalidad de incluir de manera detallada la litología y estructuras, lo que permitió tener ideas básicas sobre las características geológicas de la zona, así como de la naturaleza de los materiales en ellas existentes (ver anexo C).

Seguido, se efectuó la toma de los parámetros físico - químicos de las 6 estaciones, mediante el multiparámetro HANNA (HI98129) con ayuda de un recipiente (jarra plástica) de 1 litro. Dicho instrumento se colocó, obteniendo así los datos de pH, TDS, CE y temperatura (ver figura 3).

Para esto se tuvo en cuenta el Análisis de Calidad y el Control de Calidad (QA/QC), el cual indica que para la toma de muestras se requiere la correcta calibración del multiparámetro HANNA (HI98129) y el uso del EPP mínimo; siendo estos, una regla general para las muestras analizadas in situ y en laboratorio. Ahora bien, para la derivación de las muestras a laboratorio se utilizaron las siguientes técnicas de QC: envasado, etiquetado, almacenado (se recogen en una caja hermetizada) y el transporte se hizo en un plazo no mayor a las 5 horas para preservar las muestras.

Así mismo, se midió el caudal de cada estación; ya sea, por el método volumétrico o aforando el agua con ayuda de tubos de 4 pulgadas (ver figura 2).

Figura 1

Toma de muestra para ser llevadas a laboratorio



Figura 2

Medida del caudal



Figura 3

Medida de parámetros físico-químicos in situ



Trabajo de gabinete post - campo.

Una vez finalizado el cartografiado geológico a detalle en campo, se pasó a realizar los mapas utilizando el software SIG – ArcGIS; así mismo, se procedió a elaborar perfiles geológicos para conocer cómo se está comportando la geología en el subsuelo en el mismo software.

Se utilizó el programa Diagrammes para el procesamiento de los datos obtenidos del laboratorio teniendo en cuenta lo que el programa requiera.

También se utilizó el programa Microsoft Excel, el cual nos sirvió como plantilla para la importación de datos y la representación en gráficos.

Análisis de datos / análisis estadístico.

En el análisis de datos se tendrá en cuenta los aniones (Cl^- , HCO_3^- , y SO_4^{2-}) y cationes (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}), realizando el tratamiento estadístico de los elementos mencionados mediante los softwares Diagrammes y ArcGIS; además, de otros parámetros como la Conductividad Eléctrica (CE), Sólidos Totales Disueltos (TDS), temperatura y pH; siendo estos datos procesados en el software Excel, detallado en la siguiente secuencia:

Se realizará un análisis estadístico de los datos para obtener la media, con la finalidad de entender el comportamiento de la base de datos en los meses de análisis.

Se emplea un cálculo de los balances químicos mediante los diagramas de Piper, Schoeller y Stiff para saber qué tipo de agua presenta la zona y relacionarlas con el tipo de litología al que están asociadas.

Aspectos éticos:

Preservar la pertenencia de los estudios de cada autor, respecto a sus teorías y aportes de conocimiento, citándolos y referenciándolos correctamente.

Certificar la validez de la tesis incluyendo técnicas de análisis adecuadas para producir datos confiables. Igualmente, el diseño metodológico estará adecuado a los objetivos propuestos y se interpretarán apropiadamente los resultados.

Informar directamente a las personas involucradas dentro de la investigación.

Trabajar con laboratorios y equipos certificados.

Contar con las autorizaciones respectivas para su publicación en los medios digitales.

Figura 4

Tarjeta de muestreo para campo

Fuente: Modificado de Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2016.

N° de ficha:			Departamento: CAJAMARCA								
			Provincia: HUALGAYOC								
Responsables del muestro:		Donna de los Milagros Chávez Caruajulca						Distrito: Bambamarca			
		Jean Alexander Palomino Galvez						Caserío: Cumbe-Chontabamba			
Código	Coordenadas UTM		Fecha	Hora de muestreo	Tipo de muestra	Color	Olor	Parámetros medidos en campo			
	Este	Norte						Temperatura	pH	Sólidos Totales Disueltos (TDS)	Conductividad Eléctrica (CE)
										mg/L	
BMEst01	767910	9260034									
PEEst02	767914	9260003									
PEEst03	767947	9260006									
BHEst04	767781	9259848									
MFTEst05	767910	9260345									
RTMEst06	767932	9260355									
CEA	769246	9260414									
COA	767871	9259133									

Aspectos generales.

Ubicación geográfica.

La zona de estudio se encuentra a una altitud de 3029 m.s.n.m. en la ciudad de Cajamarca, provincia de Hualgayoc, distrito de Bambamarca, caserío El Cumbe Chontabamba. En el cuadrángulo de Cajamarca 14f. En la siguiente posición geográfica:

Tabla 1

Coordenadas UTM - WGS84 de la zona de estudio

VÉRTICE	ESTE	NORTE
1	767000	9261325
2	769935	9261325
3	769935	9258785
4	767000	9258785

Geología local.

La litología encontrada es: la formación Cajamarca, la cual está conformada por calizas gris oscuras a gris azuladas asociados a secuencias margosas verdosas; la formación Quilquiñan, con arcillas fosilíferas y calizas margosas delgadas; Grupo Pulluicana, con calizas micríticas y calizas margosas con nódulos calcáreos.

Figura 5

Plano geológico de la zona de estudio

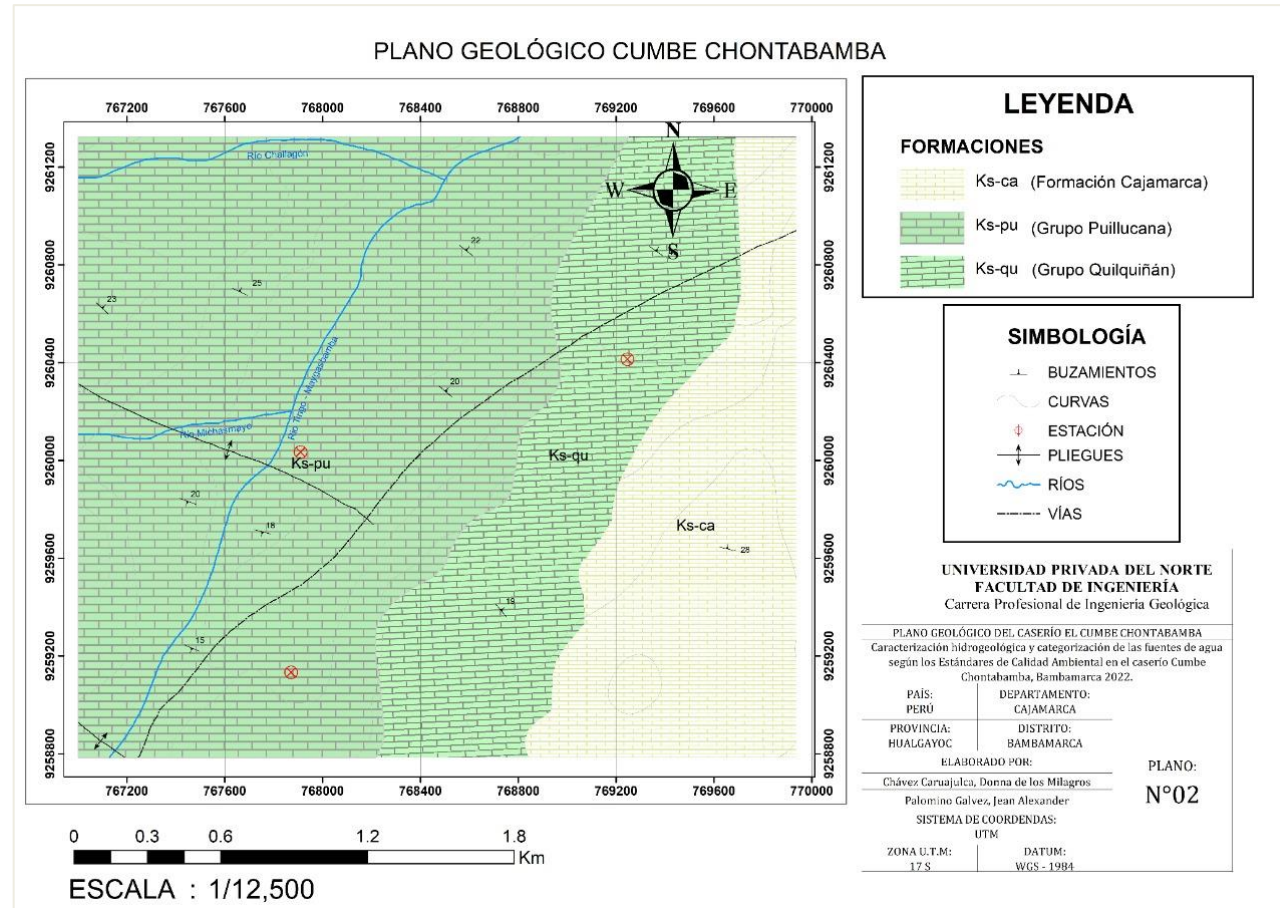
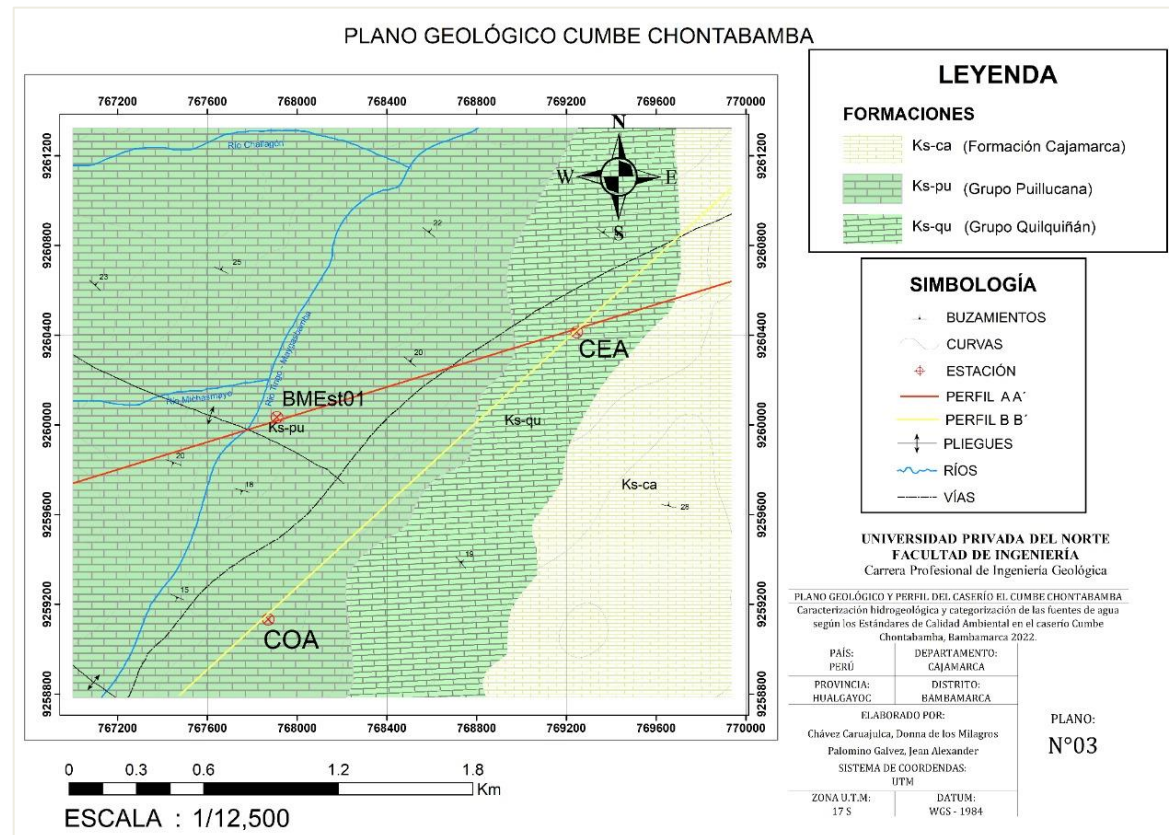


Figura 6

Asignación de perfiles geológicos



Estaciones de monitoreo.

Tabla 2

Coordenadas UTM y descripción de estaciones de monitoreo

EST	ID	ESTE	NORTE	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	BMEst01	767910	9260034	Baño macho	Desemboca en el río, olor a huevo podrido, deja aspecto metálico en las rocas, agua termal utilizada como baño.
2	PEEst02	767914	9260003	Pozo	Sin olor ni color, se recarga al regar en las partes altas, va por un pequeño riachuelo el cuál desemboca en el río.
3	PEEst03	767947	9260006	Pozo	Sin olor ni color, recarga al regar las partes altas, se filtra y desemboca a una zanja hasta llegar a un pequeño riachuelo, el cuál desemboca en el río.
4	BHEst04	767781	9259848	Baño hembra	Olor a huevo podrido y aspecto metálico en las rocas, salen burbujas a la superficie. Agua termal, usada como baño, desemboca en el río.
5	MFTEst05	767910	9260345	Agua fluyente	Desemboca en el río, lo utilizan para riego y bebida de animales.
6	RTMEst06	767932	9260355	Río Tingo Maygasbamba	Río en el cuál desembocan las 5 estaciones anteriores, de color marrón.
7	CEA	769246	9260414	El Aliso	Afloramiento sin olor ni color. Utilizado para consumo humano y bebida de animales.
8	COA	767871	9259133	Ojo de agua	Afloramiento sin olor ni color. Utilizado para consumo humano y bebida de animales.

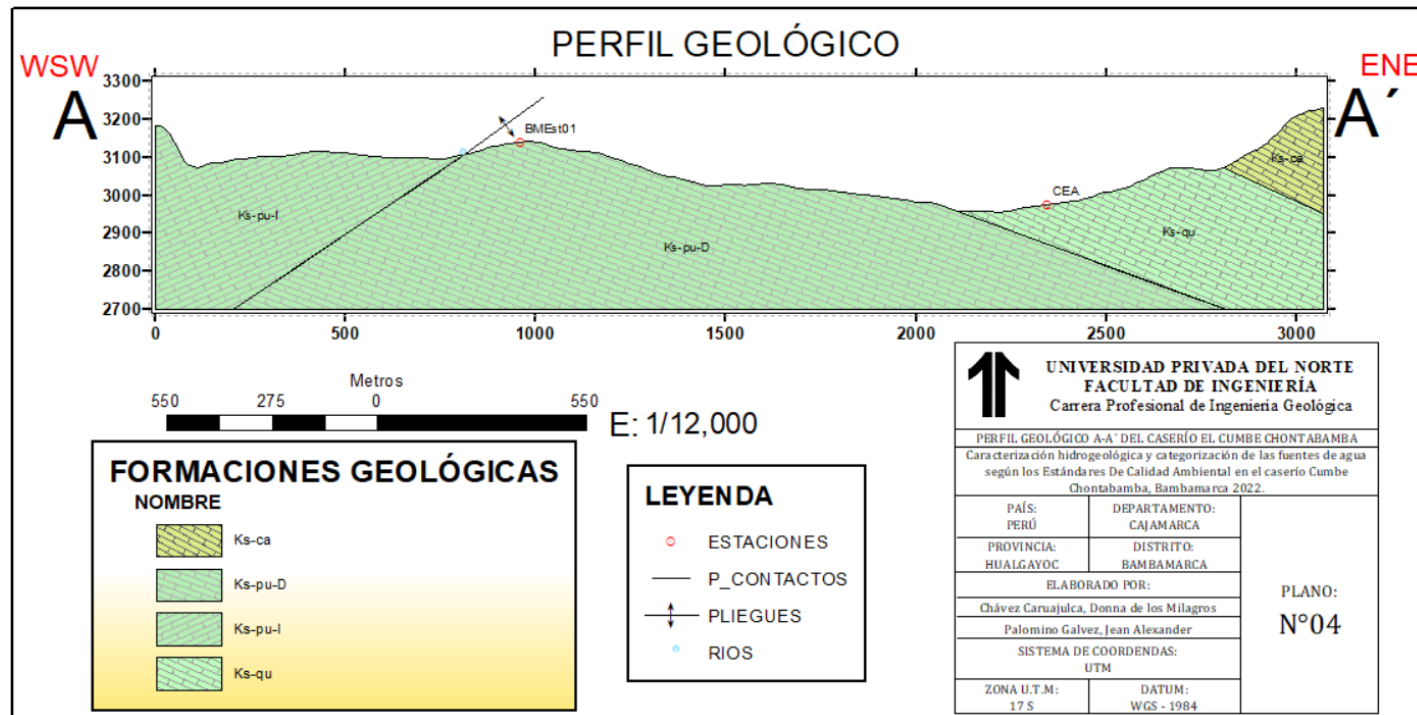
CAPÍTULO III: RESULTADOS

Características geológicas.

Sección geológica A-A´:

Figura 7

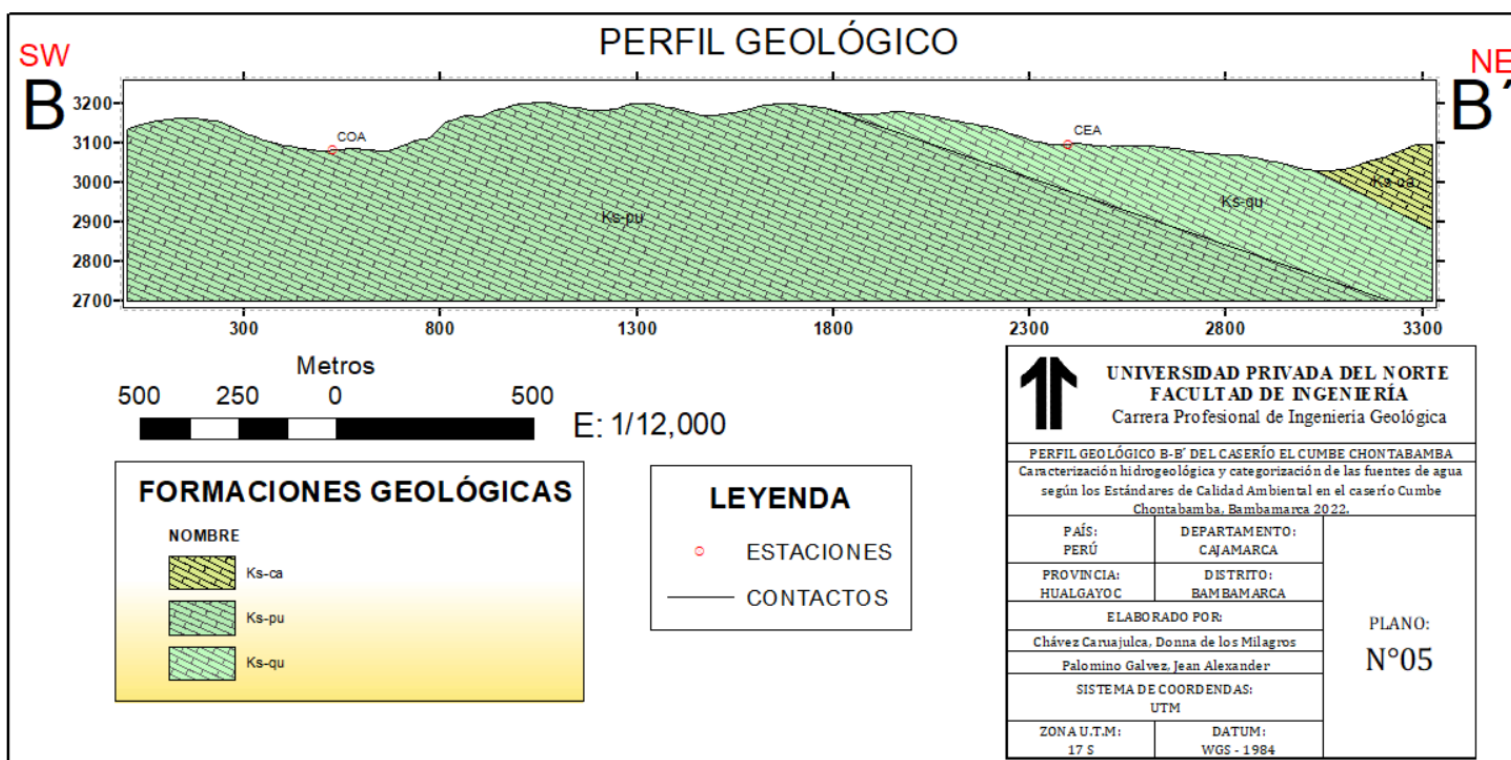
Perfil Geológico A-A´ de la zona de estudio.



Sección geológica B-B':

Figura 8

Perfil Geológico B-B' de la zona de estudio.



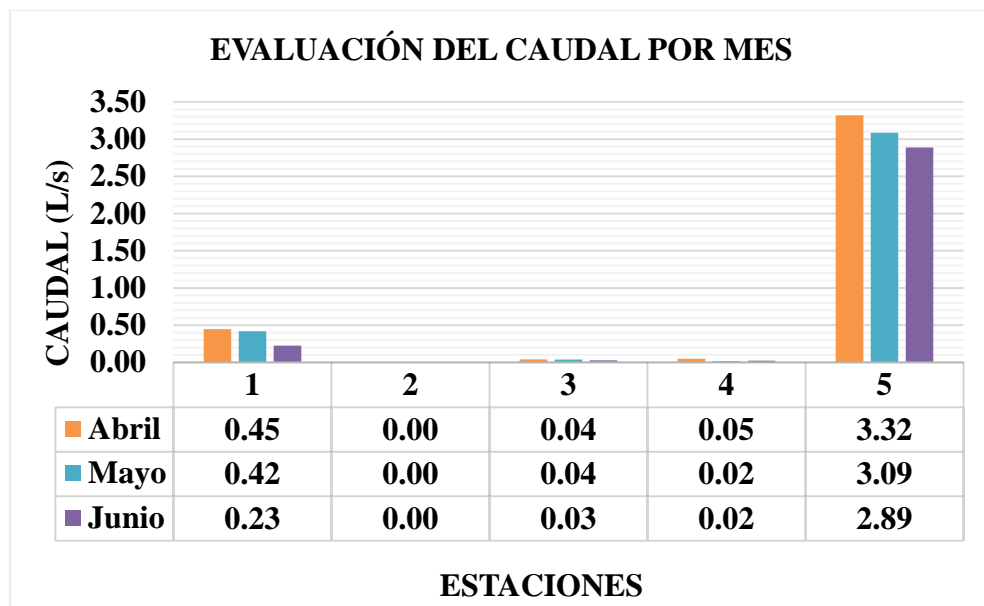
De la Figura 7 y 8, uno de los rasgos principales que hemos podido observar la predominancia del Grupo Pulluicana (rocas carbonatadas) y la presencia de pliegues que permiten un control estructural de gran importancia generando una porosidad secundaria para la formación de acuíferos. Además, el río ha influenciado en la erosión del anticlinal.

Parámetros de campo.

Caudal.

Figura 9

Evaluación del caudal por mes

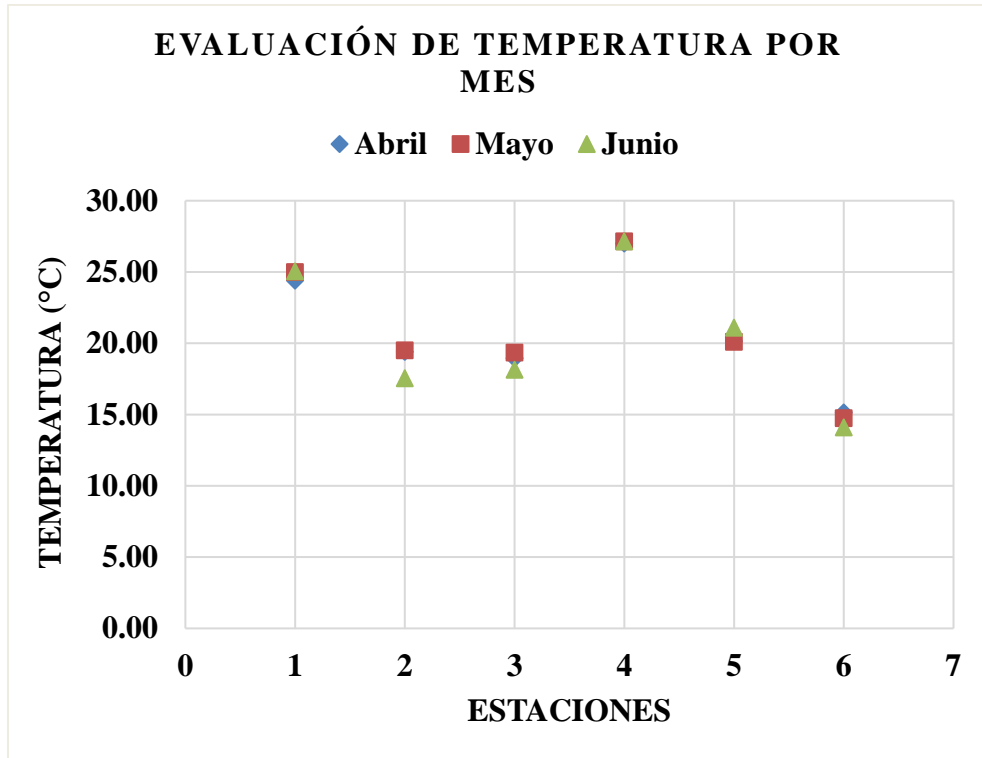


Según la figura 9, la estación que mayor caudal presentó es la estación 5, seguido de la estación 1 que son aguas termales subterráneas; mientras que, las estaciones 3 y 4 son pequeños pozos; en consecuencia, sus caudales son mínimos. Para el caso de la estación 2, no presentó caudal porque el agua en este punto es estancada. Mostrando, además, que el mes de abril tuvo una elevada precipitación; seguido de los meses de mayo y junio, donde el caudal tiende a bajar mínimamente.

Temperatura.

Figura 10

Evaluación de temperatura por mes

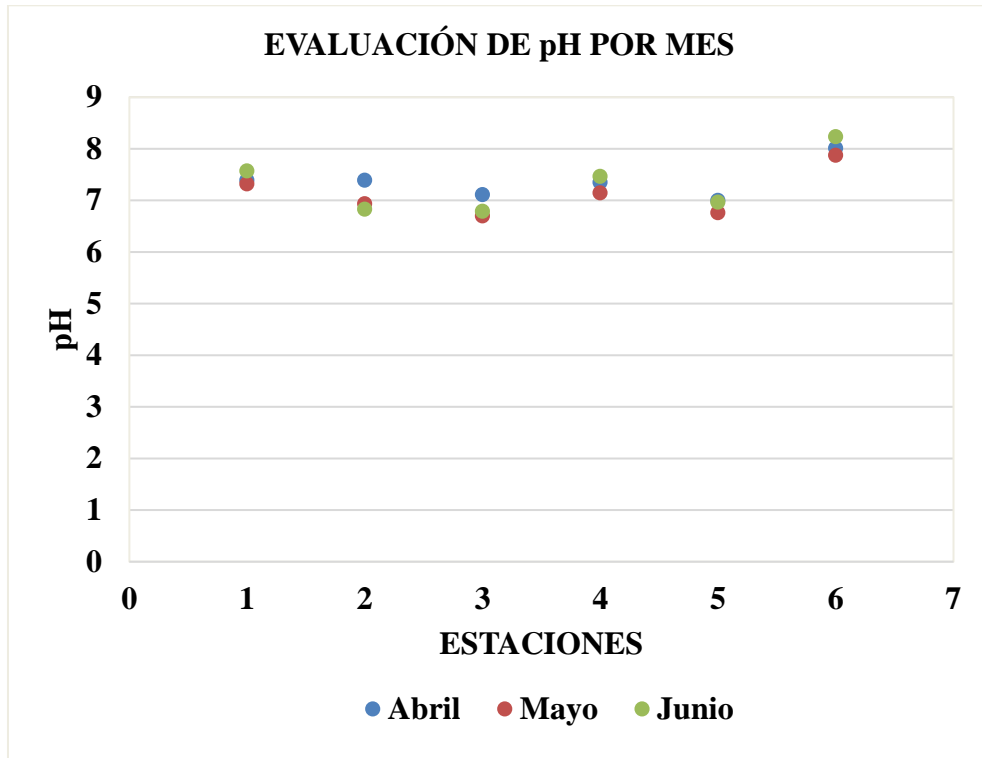


En la figura 10, las estaciones 4 y 1 son las que mayor temperatura presentaron, esto debido a que son aguas termales y a la gradiente geotérmica; mientras que, las estaciones 2, 3 y 5 son aguas a temperatura ambiente; por último, la estación 6 es de menor temperatura por ser agua superficial.

Potencial de hidrógeno.

Figura 11

Evaluación de potencial de hidrógeno por mes

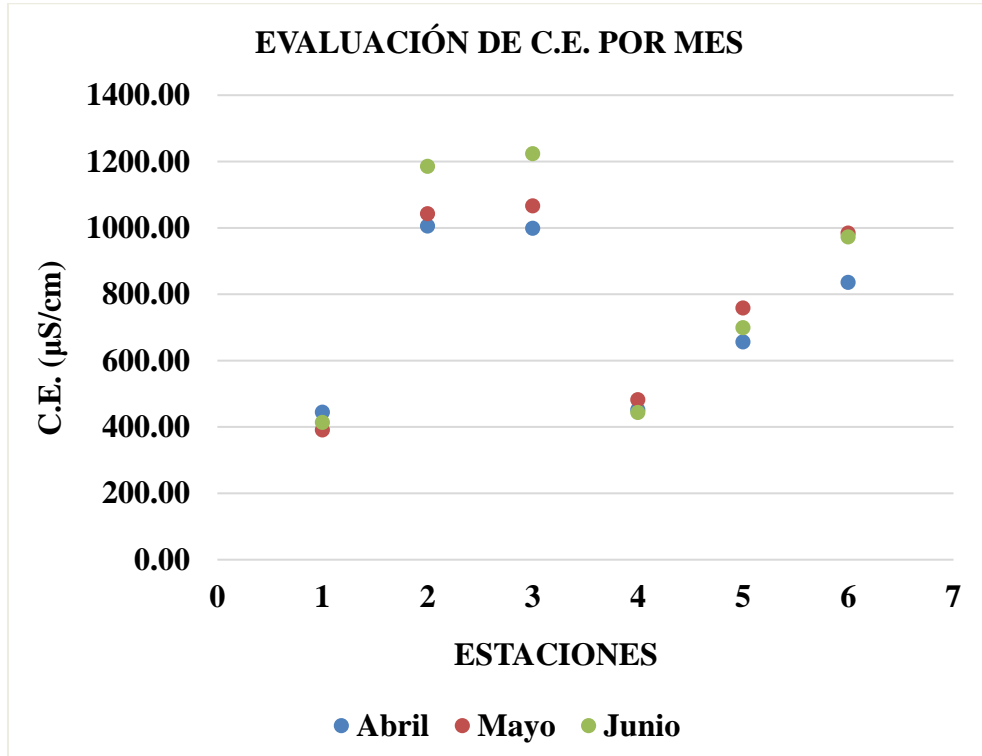


En la figura 11, la estación 6 (río) es el que mayor pH presentó, y según la clasificación de aguas superficiales (6.5 a 8.5) está dentro de los rangos establecidos; por otro lado, las estaciones 1, 2, 3, 4 y 5 que son aguas subterráneas también están en los rangos establecidos (6 a 8.5). Teniendo un pH más alto de 8.235 para el río.

Conductividad eléctrica.

Figura 12

Evaluación de Conductividad Eléctrica por mes

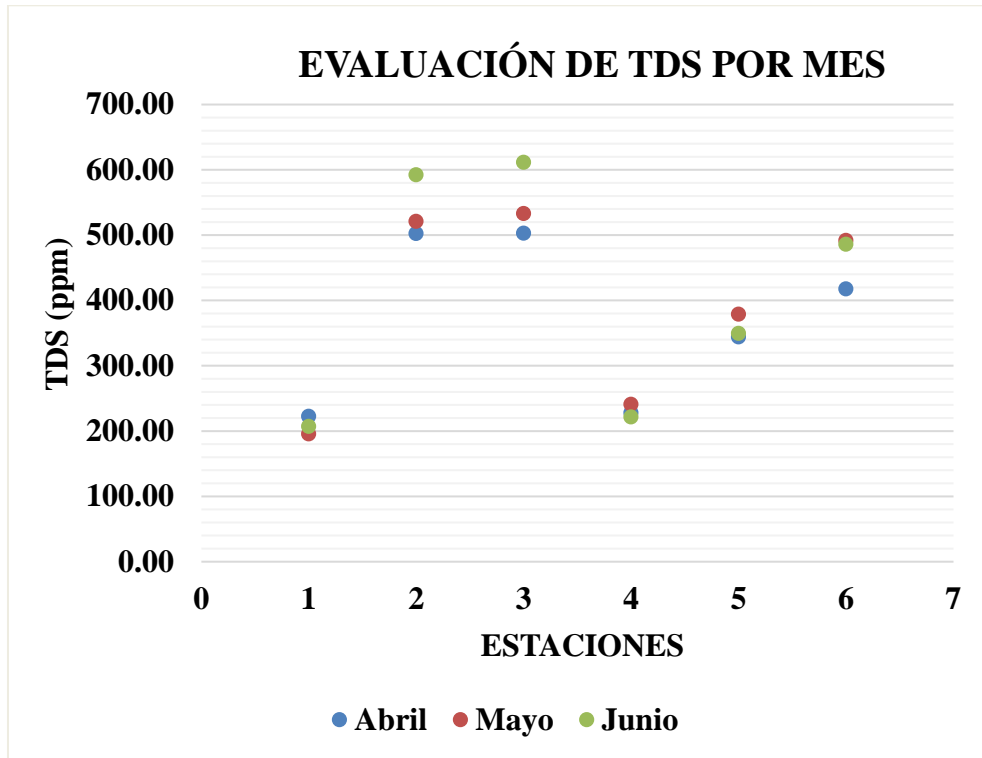


En la figura 12, las estaciones 3 y 2 son las que mayor CE presentaron, debido a los fertilizantes usados en la agricultura y a la capacidad para dejar pasar la corriente eléctrica; además, en el caso de las estaciones 1 y 4 tienen el menor valor en CE dado que son aguas termales.

Sólidos Totales Disueltos.

Figura 13

Evaluación de Sólidos Totales Disueltos por mes



En la figura 13, las estaciones 2 y 3 contaron con el valor más alto en TDS esto por la cantidad de sales inorgánicas y materia orgánica disueltas en el agua por actividad de la agricultura; por el contrario, las estaciones 1 y 4 presentaron menor TDS por su mayor temperatura (aguas termales).

Parámetros de laboratorio.

Tabla 3

Resultados de parámetros físico-químicos y microbiológicos del Laboratorio Regional del Agua.

Código de la Muestra	BMEST 01	CEA	COA
Descripción	Subterránea	Subterránea	Subterránea
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales

Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.031	<LCM	<LCM
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM
Boro (B)	mg/L	0.0260	0.064	<LCM	0.065
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.081	0.050	0.045
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	36.24	130.20	125.00
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM
Cerio (Ce)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	<LCM	<LCM	<LCM
Potasio (K)	mg/L	0.0510	1.605	4.244	3.747
Litio (Li)	mg/L	0.0050	0.016	0.010	0.043
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	13.80	4.352	5.305
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.003	0.034	0.031
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	mg/L	0.0260	28.50	14.57	14.91
Níquel (Ni)	mg/L	0.0060	<LCM	<LCM	<LCM
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	<LCM	0.035	0.027
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM
Azufre (S)	mg/L	0.0910	18.73	105.20	89.32
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	4.540	8.108	7.315
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	0.640
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	6.190	0.652	<LCM
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	0.005	<LCM	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM
Sílice (SiO ₂)	mg/L	0.2225	9.711	<LCM	<LCM
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM	<LCM	<LCM
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados		
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.0380	0.940	<LCM	<LCM
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.0650	1.995	5.145	7.884
Nitrito (NO ₂)	mg/L	0.0500	<LCM	<LCM	<LCM
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.0350	<LCM	<LCM	<LCM

Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.0640	0.103	8.579	8.262
Sulfato (SO ₄)	mg/L	0.0700	59.97	<LCM	<LCM
Fosfato (PO ₄)	mg/L	0.0320	<LCM	<LCM	<LCM
Turbidez	NTU	0.0900	0.15	2.81	<LCM
pH a 25°C	pH	NA	7.62	7.64	7.33
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	497.5	709.5	714
Color Verdadero	UC	4.0000	<LCM	<LCM	<LCM
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	2.5000	319.5	421	411.5
Dureza Total	mg/L	1.0400	154.8	347.4	340
Cianuro Total	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM
Nitrógeno Amoniacal	mgN-NH ₃ /L	0.1500	<LCM	<LCM	<LCM
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	2.6000	<LCM	<LCM	<LCM
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3000	<LCM	<LCM	<LCM
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5000	6.44	6.52	6.49

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados		
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	47	>23	<1.1
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	7.8	5.1	<1.1
Escherichia coli	NMP/ 100mL	1.8	<1.8	3.6	<1.1
(*) Organismos de Vida Libre	N° Org/L	1.0	13 x 10²	134	<1
(*) Formas Parasitarias	N° Org/L	1.0	<1	<1	<1

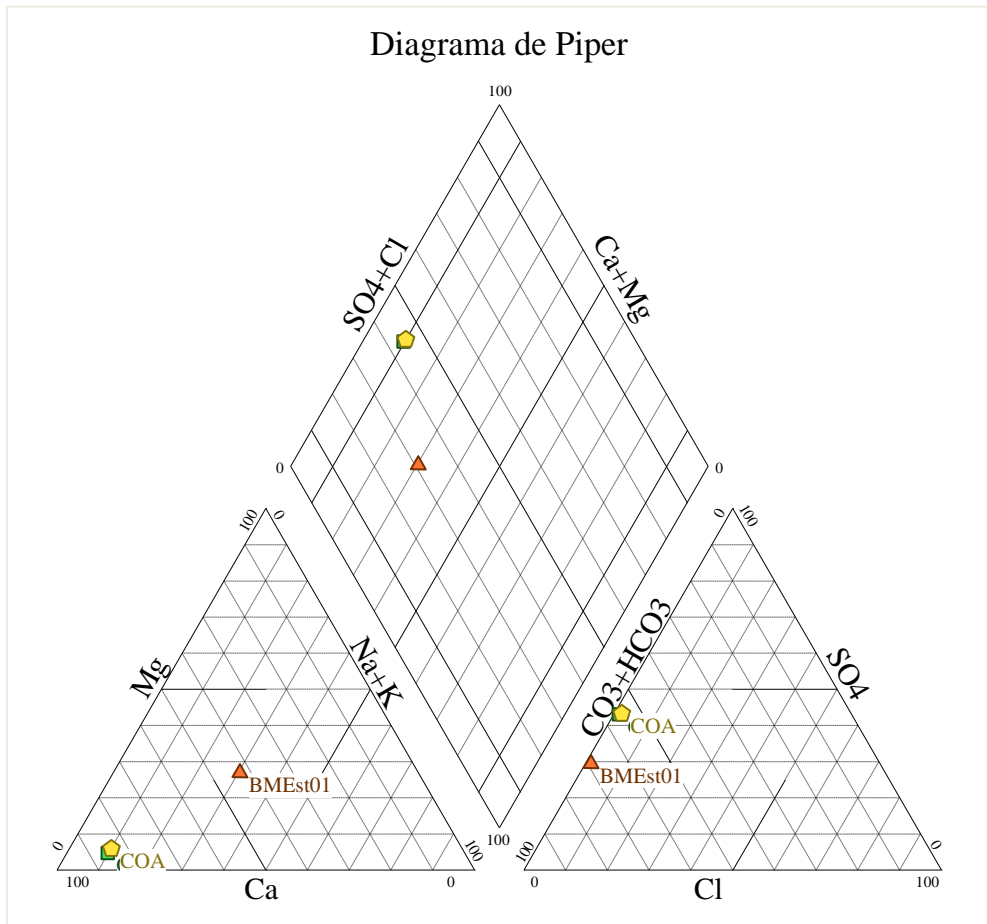
Como muestra la tabla 3, para el COA y CEA, el parámetro resaltado está dentro del límite establecido, según la Categoría 1 - subcategoría A (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección); lo que no ocurre con el BMEst01, donde los organismos de vida libre se encuentran con un valor de 13×10^2 , encontrándose fuera del límite establecido.

Clasificación del tipo de agua.

Diagrama de Piper.

Figura 14

Diagrama de Piper de las muestras analizadas

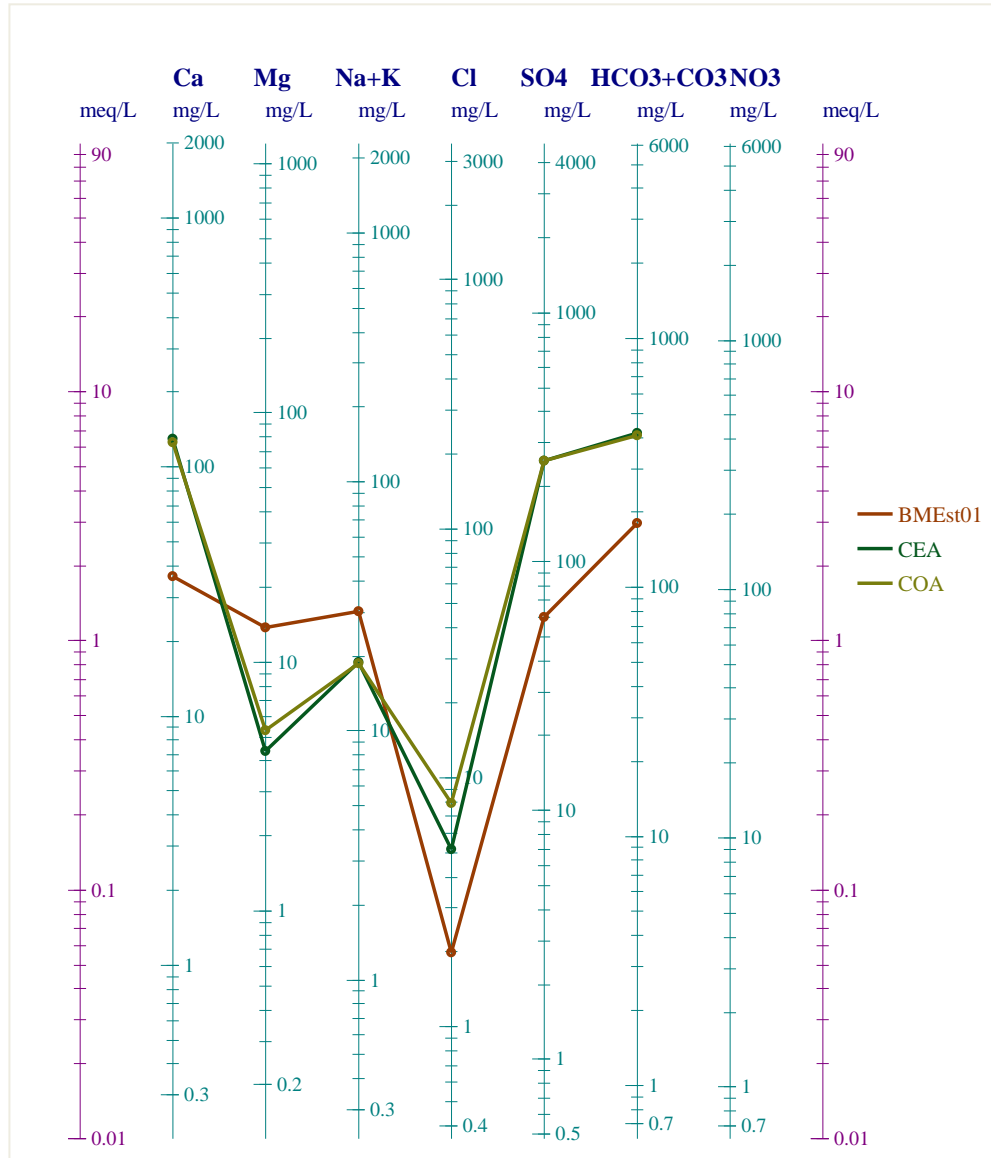


En la figura 14, el punto BMEst01 presentan aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, teniendo un porcentaje mayor de bicarbonatos. Por otro lado, el CEA y COA son aguas cálcicas y/o magnésicas bicarbonatadas; es decir tienen un mayor contenido de calcio. Perteneciendo las 3 a aguas típicas, dulces, someras, subterráneas. Además, se utilizó como un indicador para determinar la litología presente.

Diagrama de Schöeller – Berkloff.

Figura 15

Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas

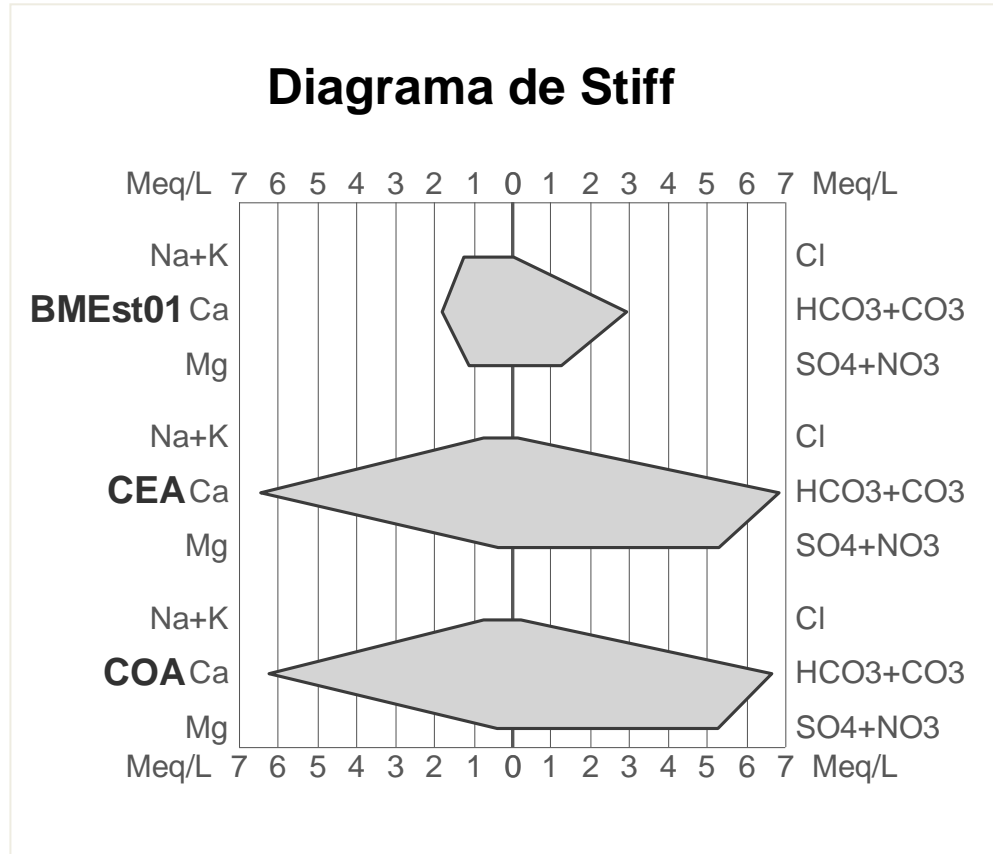


En la figura 15, dos de las muestras analizadas guardan relación entre ellas, presentando un mayor valor de bicarbonato esto por la presencia de rocas carbonatadas en la zona de estudio.

Diagrama de Stiff.

Figura 16

Diagrama de Stiff de las muestras analizadas



En la figura 16, las 3 muestras están dentro de la clasificación de bicarbonatadas cálcicas; sin embargo, el CEA-COA presentan una mayor composición en comparación a la muestra BMEst01, evidenciando una vez más la interacción agua – roca carbonatada.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Dentro de las limitaciones para el desarrollo de esta investigación, está la falta de información que se tiene de estudios hidrogeológicos del sector el Cumbe Chontabamba, la movilidad debido a la pandemia de Covid 19, las condiciones climáticas no favorables, el tema económico de los tesisistas y la desinformación de los propietarios acerca de la importancia en los estudios del agua, en consecuencia, produjo la dificultad de conseguir los permisos para las 8 estaciones de muestreo, pudiendo solo conseguir de 3 puntos, con el fin de realizar la toma de muestras para laboratorio. Cabe mencionar que, en un principio, se obtuvieron permisos para usar el multiparámetro HANNA (HI98129) para 6 de las 8 estaciones ya que en su momento no localizamos a los propietarios de los otros 2 puntos de muestreo.

La caracterización hidrogeológica nos permitió realizar el reconocimiento de los ambientes litológicos y tener una idea general por donde circulan estas aguas, además al saber su composición físico química y microbiológica, se conoció que las estaciones CEA y COA son aptas para el consumo humano; mientras que, la estación BMEst01 no cumple con los estándares de calidad para ser potabilizada.

En la investigación de Shamsi et al. (2018) destacan la importancia de identificar las estructuras y rasgos geológicos que presenta una zona de estudio. Frente a esto, se puede observar que en Cumbe Chontabamba hay un fuerte plegamiento, teniendo como principal al anticlinal que corta el río Tingo – Maygasbamba y al río Michasmayo incidiendo en la existencia de fuentes de agua; del mismo modo la litología juega un papel importante por la predominancia de la roca caliza ya que ayuda para la filtración y composición físico-química del agua. Así también, Pérez et al. (2017) a partir de la exploración hidrogeológica indicó diferentes unidades litoestratigráficas que ayudará para conocer el origen de las aguas;

además, Quispe y López, (2013) interpretan el comportamiento geológico e hidrogeológico, realizando una caracterización a escala 1:15 000.

En el caso presentado por Ansari et al. (2015) utilizando solo una sonda multiparamétrica hizo un análisis iónico-químico in situ, pudiendo evaluar la calidad del agua, obteniendo que es apta para agricultura y consumo humano. Por ello, se realizó el monitoreo de estos mismos parámetros y el caudal, para poder evaluar las variaciones que se presentan durante los meses de abril, mayo y junio, viéndose que las seis estaciones muestreadas con el multiparámetro HANNA (HI98129) cumplen con los valores estándares. De manera similar, Rodríguez, M. et al. (2017) realizó la monitorización de los parámetros físico – químicos como pH, CE, TDS y temperatura indicándoles que varían acorde a las épocas (lluvia y sequía).

En Custodio & Llamas (1976), recalcan la utilización de los diagramas de Piper, Stiff y Schoeller, que son aptos para el análisis de aguas y para su posterior identificación. Es así que se hizo el uso de estos para obtener los valores de las relaciones iónicas entre cationes y aniones, encontrando aguas relativamente jóvenes de un flujo local y de corta madurez química. Por otro lado, Pérez et al. (2017) determina que las aguas tienen flujo local mediante parámetros fisicoquímicos (pH, CE, TDS, temperatura, alcalinidad) e isotópicos.

En el estudio que realizó Venkatramanam et al. (2013) compararon los parámetros fisicoquímicos con las normas de la OMS, obteniendo que la calidad del agua se vio influenciada por la escorrentía agrícola; además, Mamani (2021); Álvarez y Chávez (2018) también evaluaron los parámetros físico-químicos y microbiológicos, pero los compararon con los ECA, para saber si se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP). Frente a esto, se puede apreciar que la calidad del agua en las estaciones CEA y COA, son aptas para potabilizarlas con desinfección; lo que no ocurre con BMEst01, siendo no apta

para consumo humano, donde los organismos de vida libre se encuentran con un valor de 13×10^2 , encontrándose fuera del límite establecido según la comparación de los parámetros físico - químicos y microbiológicos con los ECA para agua. Por su parte, Rodríguez, M. et al. (2017) recalcan la importancia en la monitorización de los parámetros físico - químicos y microbiológicos cuando se trata de agua para consumo humano ya que su eficacia deberá ser permanente. Sin embargo, Ansari et al. (2015) utilizando solo una sonda multiparamétrica hizo un análisis iónico-químico in situ, pudiendo evaluar la calidad del agua, obteniendo que es apta para agricultura y consumo humano.

Mediante la utilización directa de los diagramas de Piper, Schoeller y Stiff se identificaron los tipos de agua presentes en la zona; bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, con un alto grado de sulfatos.

Siendo así que las hipótesis planteadas en un inicio son correctas, ya que con el desarrollo de la investigación se demostró que la metodología empleada es eficaz.

Para contrarrestar lo anteriormente mencionado, este estudio permitirá a los pobladores conocer si la calidad del agua es apta para consumo humano, si necesita de algún tratamiento o una simple desinfección; de no ser así, posteriormente se podría realizar un nuevo análisis para saber qué tipo de uso se podría dar; además permitirá aprovechar este recurso en los rubros de la agricultura, la ganadería y el turismo para de este modo permitir el desarrollo económico de la comunidad. Por otro lado, el estudio puede ser la base de posteriores investigaciones, ya sea por estudiantes o por las autoridades competentes para desarrollar futuros proyectos en pro al beneficio socio-económico del sector. Parte de la población está entendiendo la importancia de estos estudios, siendo así que hoy están accediendo a que se hagan los estudios en sus propiedades. Están comprendiendo a como dar un mejor uso de estas aguas en su beneficio.

Conclusiones.

Se identificó las características hidrogeológicas mediante los análisis físico-químico y microbiológico, categorizándolas según los ECA para agua, categoría 1, subcategoría A. Además, el cartografiado litológico y estructural, y perfiles, muestran la predominancia de un ambiente calcáreo y el anticlinal respectivamente.

El monitoreo muestra en todas las estaciones que el máximo caudal es en abril y va disminuyendo mínimamente en los meses próximos; para las estaciones BMEst01 y BHEst04 la temperatura es mayor a los 25°C (agua termal); mientras que, las estaciones PEEst02; PEEst03; MFTEst05 y RTMEst06 es mayor a los 13°C, pero menor a 20 °C (aguas templadas), no variando considerablemente durante los meses de evaluación. Por otro lado, la CE y TDS están dentro de los parámetros establecidos por los ECA para Agua, categoría 1, subcategoría A.

Los resultados de las muestras llevadas a laboratorio, indican que la estación 7 y 8 (CEA y COA) pertenecen a la categoría 1, subcategoría A, reuniendo las condiciones para ser destinadas al consumo humano por simple desinfección, todo esto establecido en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM que son los ECA para Agua. Cabe recalcar que la estación BMEst01, sobrepasa los LMP para esta categoría.

Los diagramas de Piper, Schoeller, Stiff indican que son aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, con un alto grado de sulfatos; y que tiene un comportamiento de flujo local en las estaciones BMEst01, CEA y COA.

REFERENCIAS

Álvarez, C y Chávez, Y. (2018). Evaluación de la calidad físico química del agua para uso de consumo humano en el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado Potrerillo, distrito de Jepelacio, ciudad de Moyobamba, 2018 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín] Repositorio Institucional.

<http://hdl.handle.net/11458/4156>

Análisis de metales. (2021, julio 28). Análisis de metales en aguas con equipos ICP. *AGQ Labs*

[Equipos ICP para análisis de metales en aguas - AGQ Labs Chile](#)

Ansari, A., Deodhar, A., Kumar, U.S., & Khatti, V.A. (2015). Water quality of few springs in outer Himalayas – A study on the groundwater–bedrock interactions and hydrochemical evolution. *Groundwater for Sustainable Developmet, 1*, 59-67.

[10.1016/j.gsd.2016.01.002](https://doi.org/10.1016/j.gsd.2016.01.002)

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales* (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA).

Ministerio de Agricultura y Riego.

https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf

Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua Ica-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales* (Informe Técnico No. 033-2018-ANA-DCERH/AESFRH). Dirección de Calidad y

Evaluación de Recursos Hídricos., Ministerio de Agricultura y Riego.

<http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2440>

Custodio, E., & Ramos, M. (1983). *Hidrología subterránea*. Barcelona, España. Omega S.A.

El Alfy, M., Aref, L., Fathy, A., & Abdulaziz, A. B. (2017). Assessing the hydrogeochemical processes affecting groundwater pollution in arid areas using an integration of geochemical equilibrium and multivariate statistical techniques. *Environmental Pollution*, 229, 760-770.

[10.1016/j.envpol.2017.05.052](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.05.052)

El Peruano. (17 de junio de 2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. *El Peruano*.

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-decalidadambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>

Espectrometría de adsorción atómico. (2019). Espectrometría de adsorción atómica y espectrometría de emisión atómica. *ALS*.

[Espectrometría de absorción atómica y espectrometría de emisión atómica \(alsglobal.com\)](http://alsglobal.com)

Glass, V., & Hopkins, D. (1984). *Statistical methods in education and psychology*. Prentice-Hall (Englewood Cliffs, N.J.)

García, Y., Balsamedá, C. & Vargas, H. (2012). Caracterización hidroquímica de las aguas de riego de la cuenca del río Naranjo, municipio Majibacoa, provincia Las Tunas. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 21, (3), 29-34. de

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542012000300005&lng=es&tlng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542012000300005&lng=es&tlng=es)

Quispe, Z. y López, M. (2013). Estudio hidrogeológico de la microcuenca San Cirilo, Cajamarca – Perú [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital.

[CPG17-194.pdf \(ingemmet.gob.pe\)](http://ingemmet.gob.pe/CPG17-194.pdf)

Machaca, D., Carpio, J., & Quispe, B. (2016). Hidrogeología e hidroquímica de la parte alta de la cuenca del río Pucará - microcuenca del río Chacapalca. *Sociedad Geológica del Perú*, 30.

<https://repositorio.ingemmet.gob.pe>

Mamani, R. (2021). Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas de los manantiales Huayllani y Occororo pujo para consumo humano en la comunidad Añavile, distrito Cabana-San Roman-Puno-2021 [Tesis de pregrado, Universidad Privada San Carlos] Repositorio Institucional.

<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4859>

Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). Agua. *Desafíos globales*.

[Agua | Naciones Unidas](#)

Organización Mundial de la Salud. (14 de junio de 2019). Agua, datos y cifras. *OMS*.

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Ongley, E. (1997). *Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos* [Estudio FAO Riego y Drenaje – 55].

<http://www.fao.org/3/W2598S/w2598s03.htm>

- Parella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la Investigación*. Segunda Edición. Caracas, Venezuela: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, UPEL-FEDUPEL.
- Pérez, J., Cortés, A., Salas, M. R., Araguás-Araguás, L., Morales, P., & Carrillo, A. (2017). Evidencias hidrogeoquímicas e isotópicas sobre el origen del agua subterránea en la cuenca hidrográfica Río Actopan, Estado de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 34 (1), 25-37.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57250506003>
- Rezaei, A., Hassani, H., Tziritis, E., Fard, S., & Jabbari, N. (2020). Hydrochemical characterization and evaluation of groundwater quality in Dalgan basin, SE Iran. *Groundwater for Sustainable Development*, 10.
[10.1016/j.gsd.2020.100353](https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100353)
- Rodríguez, M., Moraña, B., Salusso, M. & Seghezzo, L. (2017). Caracterización espacial y estacional del agua de consumo proveniente de diversas fuentes en una localidad periurbana de Salta. *Revista Argentina de Microbiología*, 49, 366-376.
[10.1016/j.ram.2017.03.006](https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.03.006)
- Shady, R. (2019). Conocimientos ancestrales y gestión del agua. *Ministerio de Agricultura y Riesgo, Autoridad Nacional del Agua*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12543/4216>
- Shamsi, A., Karami, G.H., Hunkeler, D., & Taheri, A. (2019). Isotopic and hydrogeochemical evaluation of springs discharging from high-elevation karst aquifers in Lar National Park, northern Iran. *Hydrogeol J*, 27, 655–667.

[10.1007/s10040-018-1873-4](https://doi.org/10.1007/s10040-018-1873-4)

Todd, F. (2015). New NASA data show how the world is running out of water. *Revista The Washington Post*, 1-2.

https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2015/06/16/new-nasa-studies-show-how-the-world-is-running-out-of-water/?utm_term=.b2c38780176d

UNESCO. (2017). La contaminación del agua sigue creciendo a nivel mundial. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP), *Organización de las Naciones Unidas para la Educación de la Ciencia y la Cultura*.

[Hecho 15: La contaminación del agua](#)

Vargas, Z. (2009). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. *Revista Educación*, 33 (1), 155-165.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>

Venkatramanan, S., Chung, S.Y., Ramkumar, T., Gnanachandrasamy, G., & Vasudevan, S. (2013). Enfoques estadísticos multivariados sobre las características fisicoquímicas del agua subterránea en y alrededor del distrito de Nagapattinam, región deltaica de Cauvery de Tamil Nadu, India. *Revista de Investigación de Ciencias de la Tierra*, 17 (2), 97-103.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-

Villena, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35 (2).

[10.17843/rpmpesp.2018.352.3719](https://doi.org/10.17843/rpmpesp.2018.352.3719)

ANEXOS

ANEXO A

Informe de laboratorio.



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0322144

DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	JEAN ALEXANDER PALOMINO GALVEZ		
Dirección	-		
Persona de contacto	JEAN ALEXANDER PALOMINO GALVEZ	Correo electrónico	alexpalominogalvez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	11.03.22	Hora de Muestreo	09:30
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	03		
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos- Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Bambamarca		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO					
N° Contrato	SC-231	Cadena de Custodia	CC - 144 - 22		
Fecha y Hora de Recepción	11.03.22	14:50	Inicio de Ensayo	11.03.22	15:00
Reporte Resultado	23.03.22	10:17			

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Firmado digitalmente por NEYRA
JAICO Eder Miguel PAU
236527441684911
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 23.03.2022 11:12:24 -05:00

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: lab-ordenio-de-agua@gpoicajamarca.gob.pe / laboratorio-de-agua@btsmail.com FONOS: 595000 aseso: 130.

Cajamarca, 23 de Marzo de 2022

Página: 1 de 4



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0322144

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			BMEST 01	CEA	COA	-	-	-
Código Laboratorio			0322144-01	0719493-02	0719493-03	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	Natural	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	Subterránea	-	-	-
Localización de la Muestra			Caserío Cumbe-Chontabamba	Caserío Cumbe-Chontabamba	Caserío Cumbe-Chontabamba	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.031	<LCM	<LCM	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	0.064	<LCM	0.065	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.081	0.050	0.045	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	36.24	130.20	125.00	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cerio (Ce)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.0510	1.605	4.244	3.747	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.0050	0.016	0.010	0.043	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	13.80	4.352	5.305	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.003	0.034	0.031	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.0260	28.50	14.57	14.91	-	-	-
Níquel (Ni)	mg/L	0.0060	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	<LCM	0.035	0.027	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.0910	18.73	105.20	89.32	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	4.540	8.108	7.315	-	-	-
Estañio (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	0.640	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	6.190	0.652	<LCM	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	0.005	<LCM	<LCM	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Silice (SiO2)	mg/L	0.2225	9.711	<LCM	<LCM	-	-	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

Cajamarca, 23 de Marzo de 2022



Firmado digitalmente por LOPÉZ
LEÓN Freddy Humberto FAU
096327488cert
Motivo: Doy Vº Bº
Fecha: 23.03.2022 0:56:02 -0500

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N UB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe | laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe | FONO: 399 900 ext. 110

Página: 2 de 4

ANEXO B

Toma de muestra.



ANEXO C

Mapeo geológico en campo del sector Cumbe Chontabamba.



ANEXO D

Reunión con los pobladores del Caserío Cumbe Chontabamba



ANEXO E

Tarjeta de muestreo

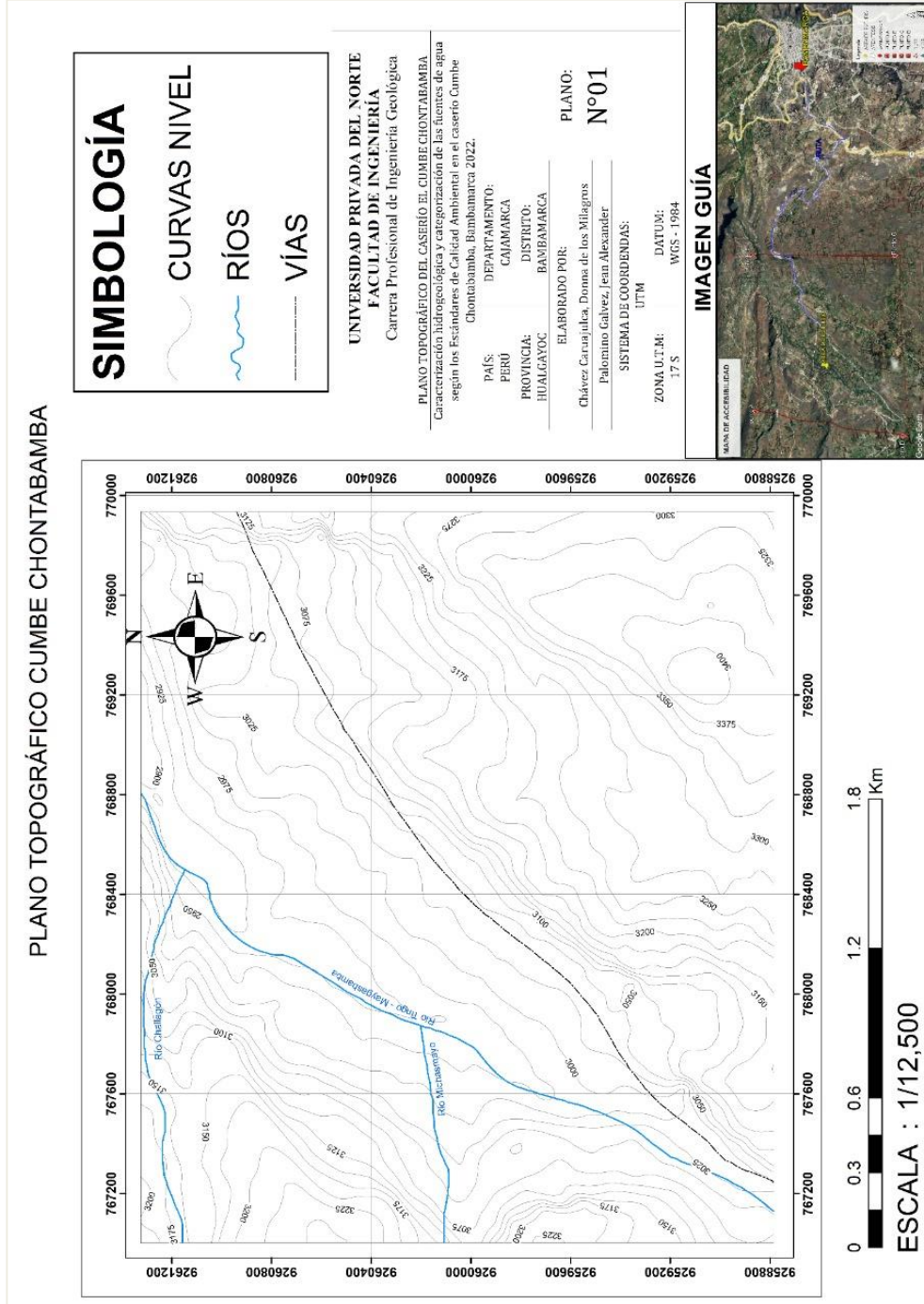
N° de ficha:		01		Departamento:		CAJAMARCA					
Responsables del muestro:		Donna de los Milagros Chávez Caruajulca Jean Alexander Palomino Galvez		Provincia:		HUALGAYOC					
				Distrito:		Bambamarca					
				Caserío:		Cumbe-Chontabamba					
Código	Coordenadas UTM		Fecha	Hora de muestreo	Tipo de muestra	Color	Olor	Parámetros medidos en campo			
	Este	Norte						Temperatura	pH	Sólidos Totales (TDS)	Conductividad Eléctrica (CE)
BMEst01	767910	9260034	12/05/21	1:36 Pm	In Situ	Incoloro	Huevo pedrido	24.3	7.46	225	450
PEEst02	767914	9260003	26/05/21	2:05 Pm	In Situ	Incoloro	Huevo pedrido	24.5	7.32	220	439
PEEst03	767947	9260006	12/05/21	2:26 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	19.6	7.54	506	1013
BHEst04	767781	9259848	26/04/21	1:57 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	19.2	7.24	499	998
MFEst05	767910	9260345	12/04/21	2:40 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	19.2	7.23	503	1007
RTMEst06	767932	9260355	26/04/21	1:58 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	18.7	6.98	495	990
CEA	769246	9260414	12/04/21	2:54 Pm	In Situ	Incoloro	Huevo pedrido	26.7	7.47	228	456
COA	767871	9259133	26/04/21	1:24 Pm	In Situ	Incoloro	Huevo pedrido	27.3	7.23	224	447
			12/04/21	3:44 Pm	In Situ	Incoloro	Sin Olor	19.6	7.08	344	689
			26/04/21	2:55 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	20.7	6.91	312	623
			12/04/21	4:10 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	14.9	8.21	322	645
			26/05/21	3:31 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	15.4	7.81	513	1026
			12/04/21	12:45 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor				
			26/04/21	1:30 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor				
			12/04/21	4:52 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor				
			26/04/21	4:02 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor				

Nº de ficha:		02		Departamento:		CAJAMARCA					
Responsables del muestro:		Donna de los Milagros Chávez Caruajulca		Provincia:		HUALGAYOC					
Código		Este		Norte		Coordenadas UTM					
Fecha		Hora de muestreo		Tipo de muestra		Color					
Olor		pH		Temperatura		Sólidos Totales (TDS)					
Conductividad (CE)		mg/L		dS/m		Caserío: Cumbe-Chontabamba					
BMEst01	767910	9260034	10/05/21	1:09 Pm	In Situ	Incoloro	Huevo Pedido	25.7	7.24	183	366
PEEst02	767914	9260003	31/05/21	2:20 Pm	In Situ	Incoloro	Huevo Pedido	24.3	7.4	208	416
PEEst03	767947	9260006	10/05/21	2:05 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	21.1	6.9	526	1053
BHEst04	767781	9259848	31/05/21	3:18 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	17.9	6.97	516	1032
MFEst05	767910	9260345	10/05/21	2:42 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	20.6	6.69	522	1044
RTMEst06	767932	9260355	31/05/21	3:26 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	18.1	6.71	544	1088
CEA	769246	9260414	10/05/21	3:11 Pm	In Situ	Incoloro	Huevo pedido	27.2	7.08	247	494
COA	767871	9259133	31/05/21	5:34 Pm	In Situ	Incoloro	Huevo pedido	27.1	7.21	235	470
			10/05/21	3:34 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	20.3	6.7	381	762
			31/05/21	5:40 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	19.9	6.82	377	755
			10/05/21	12:10 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	15.2	7.85	448	896
			31/05/21	4:27 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor	14.3	7.9	536	1072
			10/05/21	1:20 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor				
			31/05/21	6:00 Pm	In Situ	Incoloro	Sin olor				

Nº de ficha: 05		Departamento: CAJAMARCA									
Responsables del muestro: Donna de los Milagros Chávez Carvajalca Jean Alexander Palomino Galvez		Provincia: HUALGAYOC									
Distrito: Bambamarca		Caserío: Cumbe-Chontabamba									
Código	Coordenadas UTM		Tipo de muestra	Hora de muestreo	Fecha	Color	Olor	Parámetros medidos en campo			
	Este	Norte						Temperatura	pH	Sólidos Totales (TDS)	Conductividad Eléctrica (CE)
BMEst01	767910	9260034	In Situ	18/06/21 2:00 Pm	18/06/21	Incoloro	Huevo Podrido	25.6	7.48	210	419
PEEst02	767914	9260003	In Situ	18/06/21 11:23 Pm	18/06/21	Incoloro	Huevo Podrido	24.5	7.66	204	408
PEEst03	767947	9260006	In Situ	18/06/21 12:16 Pm	18/06/21	Incoloro	Sin olor	18.5	6.69	580	1160
BHEst04	767781	9259848	In Situ	18/06/21 2:13 Pm	18/06/21	Incoloro	Sin olor	16.6	6.97	605	1211
MFEst05	767910	9260345	In Situ	18/06/21 12:20 Pm	18/06/21	Incoloro	Sin olor	18.4	6.76	604	1209
RTMEst06	767932	9260355	In Situ	18/06/21 2:16 Pm	18/06/21	Incoloro	Sin olor	17.9	6.82	619	1238
CEA	769246	9260414	In Situ	18/06/21 2:10 Pm	18/06/21	Incoloro	Huevo podrido	27.5	7.45	219	439
COA	767871	9259133	In Situ	18/06/21 2:26 Pm	18/06/21	Incoloro	Huevo Podrido	26.8	7.48	224	448
			In Situ	18/06/21 3:25 Pm	18/06/21	Incoloro	Sin olor	21.9	6.8	345	690
			In Situ	18/06/21 3:15 Pm	18/06/21	Incoloro	Sin olor	20.3	7.13	354	708
			In Situ	18/06/21 4:20 Pm	18/06/21	Incoloro	Sin olor	13.9	8.25	416	833
			In Situ	18/06/21 3:44 Pm	18/06/21	Incoloro	Sin olor	14.3	8.22	556	1112
			In Situ	18/06/21 11:06 am	18/06/21	Incoloro	Sin olor				
			In Situ	18/06/21 12:15 Pm	18/06/21	Incoloro	Sin olor				
			In Situ	18/06/21 4:55 Pm	18/06/21	Incoloro	Sin olor				
			In Situ	18/06/21 4:30 Pm	18/06/21	Incoloro	Sin olor				

ANEXO F

Plano topográfico Cumbe Chontabamba



ANEXO H

*Cédula de mantenimiento de acreditación del Laboratorio Regional del Agua, diciembre
2019.*



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

San Isidro, 26 de diciembre de 2019

CÉDULA DE NOTIFICACIÓN N° 1000 -2019-INACAL/DA

Señor
Alex Martín Gonzales Anampa
Gerente General
Laboratorio Regional del Agua - Gobierno Regional Cajamarca
Jr. Santa Teresa Jornet N° 351 – Urb. La Alameda
Cajamarca.-

Asunto : Mantenimiento de la Acreditación – Primer Seguimiento

Referencia : Expediente N° 0151-2017-DA

Cumplo con notificar lo siguiente: **VISTO** los resultados de,

- Laboratorio de ensayo: Laboratorio Regional del Agua - Gobierno Regional Cajamarca
- Ubicado en: Jr. Santa Teresa Jornet N° 351 – Urb. La Alameda
- En su proceso de: Primer seguimiento



Y **CONSIDERANDO** que cumple con los criterios de acreditación de la NTP-ISO/IEC 17025:2006 y los documentos normativos de la Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad¹; **MANTENGASE** la **ACREDITACIÓN** a **Laboratorio Regional del Agua - Gobierno Regional Cajamarca**, como Laboratorio de ensayo, conforme a la aprobación del Comité Permanente de Acreditación que consta en el acta² de fecha 20 de diciembre de 2019, según lo establecido en el numeral 6.1 del Procedimiento General de Acreditación.

Lo que notifico a usted conforme a Ley.

Atentamente.

ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora
Dirección de Acreditación


DWC/FCY/JVJ

Adj. Informe Ejecutivo N° 0567-2019-DA

¹ INACAL-DA
² Acuerdo N°19-CPA-29-2019

ANEXO I

Certificado del instrumento HANNA HI98129



Instrument:	HI98129
S/N:	04250418101
Software version:	1.03
Description:	pH/EC/TDS/TEMPERATURE Waterproof Tester
Made in:	ROMANIA

Hanna Instruments certifies that this instrument has been produced, calibrated and tested to meet all applicable Hanna Instruments procedures, using standards and reference instruments, the accuracy of which is traceable to the National Institute of Standards (NIST) in the USA or to internationally acceptable national physical standards. The standards and reference instruments used in calibration and testing are supported by a calibration system which meets requirements of ISO9001.

The following tests have been performed according with the reference from the Quality Check Procedure of the meter.


The results are listed below:*

Calibration Point	Result
7.01 pH	Passed
4.01 pH	Passed
1413 µS/cm	Passed

Testing Points	Measurement
10.01 pH	9.99 pH
2764 µS/cm	2742 µS/cm
25.0 °C	24.8 °C

* All the above measurements were done at 25 °C with the current configuration.

Calibration, functionality test, aesthetic control and packing have been met.

Date: 2019.06.19 Inspector: Neica Maria
 Title: Engineer
 Signature: 

QC_HI98129_rev.0,2.M
Page 1 of 1

Hanna Instruments Inc. 584 Park East Drive
 Woonsocket, RI 02895 Scanned with MOBILE SCANNER
www.hannainst.com