



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DEL
MANANTIAL MOYOCOCHA, PARA DETERMINAR SU
ZONA DE RECARGA, CAJAMARCA, PERÚ, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autor:

Jhordy Julio Alberto Ponce de León Zavaleta

Asesor:

Mg. Sc. Ronald Smith Mayta Rodas

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

A mis padres por hacer posible mi educación y apoyarme en esta etapa de mi vida, sin ellos
todo esto no sería posible.

A todos los ingenieros que contribuyeron en mi desarrollo universitario para poder superar
cada adversidad presente en el camino de esta maravillosa carrera.

A Dios por bendecirme día a día y darme todo lo necesario para poder desarrollar mis
proyectos y seguir adelante a pesar de todas las adversidades.

AGRADECIMIENTO

A nuestra alma mater la gloriosa Universidad Privada del Norte Cajamarca, a los docentes de la Facultad de Ingeniería Geológica, que han contribuido con mi desarrollo profesional y personal. Infinito agradecimiento a ellos.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	8
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	18
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	50
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	113
REFERENCIAS.....	121
ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas Manantial Moyococha.....	21
Tabla 2. Coordenadas segunda toma de muestra.....	22
Tabla 3. Accesos al área de estudio.....	22
Tabla 4. Ventajas y desventajas del análisis de documentos.....	26
Tabla 5. Tabla de ubicación de puntos de muestreo.....	27
Tabla 6. Ficha de inventario para muestreo de manantiales.....	27
Tabla 7. Tabla de rotulación para muestreo en campo.....	28
Tabla 8. Materiales.....	31
Tabla 9. Lista de materiales en campo.....	34
Tabla 10. Consideraciones finales para toma de muestras.....	38
Tabla 11. Métodos de Ensayo Utilizados en Laboratorio.....	49
Tabla 12. Análisis Fisicoquímico 1993.....	65
Tabla 13. Análisis Metálico. 1993.....	66
Tabla 14. Análisis físico químico de muestras años 93-2020.....	67
Tabla 15. Ficha de inventario MO-01.....	70
Tabla 16. Ficha de Inventario MA-02.....	71
Tabla 17. Ensayo Químico muestras.....	73
Tabla 18. Análisis fisicoquímico básico.....	77
Tabla 19. Tipo de pH.....	78
Tabla 20. Conductividad eléctrica en campo.....	81
Tabla 21. Resultados Solidos totales disueltos, MO-01 y MA-02.....	82
Tabla 22. Clasificación de agua por dureza según Aliokin.....	83
Tabla 23. Resultados de Calidad de agua MA-02. ECA.....	95
Tabla 24. Resultados Calidad de Agua MO-01. ECA.....	101
Tabla 25. Calculo de caudal.....	107
Tabla 26. Sectores que abastece el manantial.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Diseño de investigación.	20
Figura. 2. Plano de Ubicación.	23
Figura. 3. Vegetación presente en la zona.	24
Figura. 4. Modelo Cadena Custodia.	29
Figura. 5. Certificado INACAL.	30
Figura. 6. Materiales en campo.	34
Figura. 7. Paso 1 para toma de muestras.	35
Figura. 8. Contaminación de frasco con agua del punto de muestro.	36
Figura. 9. Preparación para toma de muestras.	36
Figura. 10. Sellado de muestra Aniones.	37
Figura. 11. Toma de muestra aniones.	37
Figura. 12. Rotulación de muestra.	37
Figura. 13. Transporte en Cooler.	38
Figura. 14. Muestreo finalizado y rotulado.	39
Figura. 15. Punto de toma de muestras MA-02.	40
Figura. 16. Medición con Ph metros.	41
Figura. 17. Método Volumétrico.	42
Figura. 18. Método área velocidad.	43
Figura. 19. Interfaz Easy Quim 4.0.	44
Figura. 20. Easy_Quim.4.	45
Figura. 21. Modelo de diagramas.	46
Figura. 22. Plantilla Diagramers.	47
Figura. 23. Importación Excel-Diagramers.	47
Figura. 24. Interfaz Diagramers.	47
Figura. 25. Diagrama de Stiff.	48
Figura. 26. Puntos de muestreo.	50
Figura. 27. Ubicación geográfica, área de estudio y puntos de muestreo.	51
Figura. 28. Modelo mapa Estructural Cajamarca.	52
Figura. 29. Falla de cabalgamiento N-S valle de Cajamarca.	53
Figura. 30. Mapa Geológico y área de estudio.	54
Figura. 31. Falla cabalgamiento.	55
Figura. 33. MA-02, rio Mashcon y MO-01.	56
Figura. 34. Sección Longitudinal.	57
Figura. 35. Sección 2. Corte NO. Manantial Moyococha.	58
Figura. 36. Falla inferida.	58
Figura. 37. Sección Transversal.	59
Figura. 38. Formaciones geológicas y su comportamiento hídrico.	60
Figura. 39. Manantiales filonianos.	61
Figura. 40. Toba acida, formación Huambos. Sector Santa Bárbara.	62
Figura. 41. Formaciones Geológicas.	63
Figura. 42. Muestras para análisis hidrogeoquímico y demás parámetros.	72
Figura. 43. Escala pH.	78
Figura. 44. Diagrama de Langelier - Ludwig.	80
Figura. 45. Rangos de conductividad eléctrica en soluciones.	81
Figura. 46. Escala grafica TDS.	82
Figura. 47. Análisis Easy_Quim.4 1993.	84
Figura. 48. Resultados 1993. Diagrama de Piper.	85
Figura. 49. Resultados análisis 1993, diagrama de stiff.	86
Figura. 50. Resultados análisis 1993. Diagrama de Schoeller-Berkaloff.	87
Figura. 51. Análisis 1993. Clasificación de las aguas para riego.	88
Figura. 52. Análisis EASY_QUIM.4. MO-01 y MA-02.	89
Figura. 53. Análisis 2020. Diagrama de Piper.	90
Figura. 54. Análisis 2020, diagrama de Stiff.	91
Figura. 55. Análisis 2020. Diagrama de Schoeller-Berkaloff.	92
Figura. 56. Análisis 2020. Clasificación de las aguas para riego.	93

Figura. 57. Estimación del Caudal.	107
Figura. 58. Precipitación fluvial de Cajamarca.	109
Figura. 59. Tuberías destinadas para cada sector.	110
Figura. 60. Cámara húmeda de captación manantial Moyococha.	111
Figura. 61. Cámara húmeda de captación.	112
Figura. 62. Caseta de bombeo.	112
Figura. 63. Modelo Hidrogeológico conceptual.	116
Figura. 64. Informe de Ensayo Análisis Químico.	125
Figura. 65. Informe de ensayo Análisis Químico y Bacteriológico.	126
Figura. 66. Resultados de Análisis Físicoquímico año 1993.	127
Figura. 67. Cadena Custodia.	128
Figura. 68. Instructivo Básico Para la Toma, distribución, registro y envíos de muestra de aguas y suelos-Clientes.	129
Figura. 69. Expediente manantial Moyococha.	130
Figura. 70. Memoria Descriptiva para formalización de uso de agua superficial poblacional.	131
Figura. 71. Memoria descriptiva de usuarios Moyococha, La Molina y La Shilla.	132

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico. 1. Comparativo Análisis 1993-2020.....	69
Gráfico. 2. Grafico comparativo metales disueltos. MO-01 vs MA-02	74
Gráfico. 3. Grafico Comparativo parámetros Químicos. MO-01 vs MA-02.....	75
Gráfico. 4. Grafico coliformes termotolerantes. MA-02 vs MO-01	75
Gráfico. 6. Valores ECA vs MA-02. Fisicoquímico.....	98
Gráfico. 7. Línea de tendencia ECA vs MA-02	98
Gráfico. 8. Valores ECA vs MA-02. Inorgánico.....	99
Gráfico. 9. Línea de tendencia ECA vs MA-02. Inorgánico.	99
Gráfico. 10. Valores ECA vs MA-02. Microbiológicos.....	100
Gráfico. 11. Valores ECA vs MO-01. Fisicoquímico.	104
Gráfico. 12. Línea de tendencia ECA vs MO-01. Fisicoquímico.....	104
Gráfico. 13. Valores ECA vs MO-01. Inorgánico.....	105
Gráfico. 14. Línea de tendencia. ECA vs MO-01. Inorgánicos.	105
Gráfico. 15. Valores ECA vs MO-01. Microbiológico.	106
Gráfico. 16. Grafica de Caudal.....	108

RESUMEN

La presente investigación está dirigida a caracterizar de manera hidrogeológica el manantial Moyococha, ubicado en el sector de la Molina, Distrito de Baños del Inca, Provincia de Cajamarca, Departamento de Cajamarca. La caracterización se basó en realizar un análisis físico-químico, microbiológico, parámetros no específicos (Caudal, C.E, TSD, pH, Temperatura) y geológico utilizando métodos directos e indirectos, los cuales son: búsqueda sistemática, antecedentes locales, georeferenciación, unidades litomorfoestructurales, muestreo en campo, medición de parámetros no específicos en las zonas de estudio, etc. El dominio de la geología y el comportamiento del mismo juega un rol importante en la formación y caracterización del manantial, ya que está influenciada por factores litológicos y estructurales que rigen el modo de infiltración de agua y el tipo de agua, las formaciones presentes en la zona de investigación, muestran fallas en algunas zonas de la cuenca del Crisnejas e incluso antecedentes datan la presencia de una falla de cabalgamiento que atraviesa todo el valle de Cajamarca factor que favorece a la infiltración del agua, formando así varias fuentes hídricas, esto permite dar una supuesta zona de recarga comprometiendo al Rio Mashcon como rio afluente al manantial Moyococha. Dichas unidades estructurales han sido relacionadas y comprendidas dentro de la investigación mediante estudios locales de antecedentes descriptivos, georeferenciación de imágenes satelitales y del INGEMMET con ayuda del Software QGIS. Se usaron formatos elaborados por el tesista para la caracterización hidrogeológica más diagramas de clasificación de aguas obtenidas del procesamiento de los resultados de los informes de laboratorio, realizando así una comparativa entre los puntos muestreados.

Palabras clave: Hidrogeología, Manantial, Litología, acuíferos, falla de cabalgamiento, rio afluente Moyococha.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La tierra siempre ha sustentado de generación en generación al hombre con materia orgánica e inorgánica con el fin de alimentarse y construir para su evolución pero lo más importante es el elemento líquido fundamental para la subsistencia del hombre, el agua, desde los primeros científicos el hombre ha intentado explicar cuál es el origen, característica y dependencia de fuentes hídricas con origen o escurrimiento subterráneo, tratar de entender y conocer más a fondo cómo funciona el interior de la tierra siempre ha sido un anhelo que a todo geólogo le apasiona y tal vez estudiar las aguas subterráneas nos explique un poco como funciona la tierra por dentro, comenzando con el dato curioso del gradiente geotérmico que puede ser el resultado de estudiar fuentes hídricas con un recorrido hídrico profundo y de varios kilómetros, pero más allá de esto el agua es una parte esencial para el sustento de una comunidad, y esto es una ley que rigue a nivel mundial, “Las aguas subterráneas abastecen de agua potable por lo menos al 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego.”(FAO, 2010). “A nivel mundial, 2500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua.” (UNESCO, 2012). Conocer las características de un manantial es muy importante ya que esto nos ayuda a dar una calidad de agua para su posterior vertido como nos menciona el siguiente estudio “Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas” (Aznar, 2000). Realizado en la localidad de Leganés ciudad de Madrid. Actualmente una gran parte de las poblaciones en el mundo sufre de escases de agua, debido a esto dependen de un sistema hídrico subterráneo para abastecerse y tener un desarrollo, sin embargo la falta de conocimiento lleva a dar un mal uso dado que hay factores que condicionan

a las fuentes hídricas para que sean de consumo humano o clasificarlas para otro fin, ejemplo común es el pH del agua para consumo humano que va desde los 6.5-8.5, pero en redes hídricas cuyo recorrido geológico están presentes minerales de silicatos, sulfuros o hierro el pH se tornara a ser ácido y puede ser apto para un uso industrial o agrícola. Otro problema típico es la sobreexplotación de manantiales que está ligado a su conductividad hidráulica y el crecimiento de la población como menciona el Sr. Jorge Colina dueño del terreno donde yace este manantial, “antes en la década de los 90 el caudal del manantial Moyococha era de 1.5 l/s, en la actualidad el rendimiento hidráulico ha bajado a menos de 0.95 l/s”, generando así malestar en la comunidad dado que puede disminuir los caudales de los ríos y afectar a los humedales o peor aún desestabilizar el terreno y generar accidentes o niveles kársticos. Es por ello que saber sus propiedades y características tanto físicas, químicas y geológicas es de vital importancia para dar un buen uso a este recurso y comprender mejor su ciclo hidrogeológico y composición. En este caso es necesario comprender al agua en estado líquido, entendiendo así por un análisis físico-químico y microbiológico a todos los parámetros (turbidez, total de sólidos disueltos, temperatura, conductividad eléctrica e hidráulica, aniones, metales totales, coliformes termotolerantes, etc.) que determinan la calidad o estado del agua relacionado a factores endógenos y exógenos que van relacionados con la geología del lugar, biodiversidad o clima. En Valencia, España el estudio del análisis de las aguas subterráneas es muy importante, “Para poder preservar los acuíferos de la contaminación la DMA impone la necesidad de realizar estudios más detallados, controlar su comportamiento a través de redes piezométricas y de calidad y controlar las extracciones, igualmente obliga a regular actividades para evitar o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas y evitar su deterioro.” (Sahuquillo, Custodio y Llamas, 2015). Los manantiales son baratos y eficientes. “En

España el agua aplicada para regar el 30% de la superficie total de riego (unos 35 millones de ha) es sólo el 20% de toda el agua de una reserva hídrica”. (Sahuquillo, Custodio y Llamas, 2015). En la localidad de Hidalgo, México se desarrolló un análisis químico de aguas subterráneas en pozos, “se seleccionaron 11 puntos de muestra en los que se determinaron 28 parámetros físico-químicos de las aguas colectadas durante 10 muestreos distribuidos a lo largo de un año (marzo de 1999-marzo de 2000). De forma general, estas aguas presentaron propiedades fisicoquímicas normales clasificadas como aguas bicarbonatadas-cálcicas y bicarbonatadas-mixtas con bajos niveles de sulfatos, cloruros, sodio y potasio; pero presentaron concentraciones de As muy elevadas de hasta 550 ug, superando en más de 10 veces la norma NOM-1994 para aguas potables.” (Pérez, Prieto, Rojas, Galan, Marmolejo, Romo, Catañeda, Rodríguez y Barrado, 2003). Las condiciones climáticas afectan el estado de los manantiales, “En el estudio de variación temporal se observaron cambios significativos de carácter estacional con incremento en las concentraciones de los elementos totales durante los meses de febrero y marzo (temporada de lluvias), esto último probablemente debido a efectos de la dilución causada por la precipitación pluvial que se infiltra al manto freático.” (Prieto, Pérez, Rojas, Galan, Marmolejo, Romo, Castañeda, Rodríguez y Barrado, 2003). En Sudamérica se realizaron estudios hidrogeológicos con el fin de saber la caracterización física del caudal, como es el caso de Ortiz (2005), en su tesis. “Estudio Hidrogeológico del proyecto minero Manantial Espejo-Provincia de Santa Cruz, Argentina”, donde describe un estudio del caudal en 1 L/s de las principales redes hídricas subterráneas presentes en dicho catastro minero. Otro estudio de caracterización fisicoquímica de aguas subterráneas es la que nos presenta Posada, Roldán y Ramírez, (2000) en su artículo científico” Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras

Blancas, Antioquia, Colombia”, donde nos mencionan que la mayoría de parámetros utilizados para la evaluación de la calidad de aguas son de carácter fisicoquímico, donde validan el enunciado de la importancia de estudios para saber la calidad del agua. A nivel nacional hay estudios de caracterización de aguas subterráneas en la costa del Perú donde describen las condiciones geológicas a las que está relacionada el acuífero “Las características hidrogeológicas del acuífero de Acarí corresponden a los depósitos aluviales más potentes y de mayores extensiones que están en la cuenca inferior del río Acarí, específicamente en los conos de deyección, coincidentes con la unidad morfo estructural de la depresión de Nazca”. (Portocarrero, 2010). En la localidad de Cajamarca los estudios hidrogeológicos en la cuenca del río Hualgayoc nos demuestran que, el agua de los manantiales es utilizada principalmente para fines domésticos y ocasionalmente para la agricultura, debido a que el análisis fisicoquímico nos da una calidad de agua para ello, presencia de: cloruros, fluoruros, sulfatos, nitratos, cianuro, aluminio y cobre. Estructuralmente las unidades morfogenéticas, litológicas y las diaclasas favorecen a la formación de las redes hídricas a través de la filtración. (Aguilar, 2018). La Geología es un factor que influye mucho en la formación y caracterización de una fuente hídrica ya que de esto dependerá el tipo de agua que se tendrá carbonatada, sulfurada, clorurada, magnésica, etc. dependiendo del ambiente químico de su recorrido ligado a la litología, como nos mencionó el estudio anterior. Estructuralmente hablando la geología influenciara directamente en la recarga así como la litología en el tipo de agua y su flujo, esto se debe a que las fracturas en las rocas y fallas permiten una infiltración de agua permitiendo así una zona de recarga importante para cualquier fuente hídrica subterránea. En baños del Inca las dos fuentes hídricas Tragadero y Perolitos, nos señalan la influencia directa que tiene la geología estructural con las fuentes hídricas subterráneas termales. “Los elementos geológicos

estructurales, la falla paralela al valle de dirección N-S y la intersección con el eje anticlinal de Baños del Inca condicionan la surgencia de las fuentes termales y minerales en Baños del Inca” (Fluger y Severyn, 2008). Los estudios realizados a nivel nacional como local son estudios realizados por Universidades que presentan tesis de pregrado. Los estudios realizados en Cajamarca, proponen un análisis fisicoquímico ligado a las estructuras geológicas. También estudio realizados por consultores contratados por instituciones públicas y privadas. A nivel internacional, el país de España es el que tiene mayor número de estudios realizados acerca de Hidrogeología, desarrollados por alumnos de Universidades que presentan tesis de pregrado, también se han encontrado artículos de Universidades mexicanas, donde presentan estudios de análisis fisicoquímicos para la caracterización de aguas subterráneas en sus ciudades. Para realizar este proyecto de investigación se ha hecho una recopilación de artículos científicos publicados en base de datos anexadas como Scielo, Redalyc, Dialnet y Google académico. Para ello hemos realizado una revisión sistemática de la literatura en donde nos dé a conocer los tipos de análisis físico-químicos para la caracterización de la calidad de aguas subterráneas y su influencia geológica en el mundo. Seleccionando así publicaciones hechas en idioma español entre los años 1960 y 2018. Toda la búsqueda para la revisión sistemática se desarrolló tomando en cuenta las siguientes palabras claves: “Hidrogeología”, “Aguas subterráneas”, “Análisis físico-químico de aguas”, “Limites de caracterización de aguas”. Presentar y describir el problema de investigación. Integrar antecedentes de investigación, definiciones conceptuales y datos que permitan sustentar con claridad y precisión el problema de investigación.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las características hidrogeológicas del manantial Moyococha, para determinar su zona de recarga, Cajamarca, Perú, 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Caracterizar hidrogeológicamente el manantial Moyococha, para determinar su zona de recarga, Cajamarca, Perú, 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

- Estudiar antecedentes estructurales y litológicos para identificar la zona de recarga del manantial.
- Identificar los componentes físico-químicos que presenta el manantial Moyococha y dar un análisis que condicionen las características del manantial.
- Dar una comparativa de los análisis fisicoquímicos hechos en el manantial Moyococha del año 1993 y 2020.
- Analizar los componentes químicos que presenta el Rio Mashcon sector San Antonio para obtener su clasificación de agua y una comparativa para la posible relación que tiene con el manantial Moyococha.
- Comparar los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los muestreos con los estándares de calidad ambiental (ECA) para uso potable.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Las principales características hidrogeológicas del manantial Moyococha son factores estructurales por la presencia de fallas geológicas que delimitan su recorrido hídrico y parámetros químicos que presenta el manantial, relacionado a la litología del posible recorrido o ambiente, rocas de composición acida,

intermedia o básica con mineralización variada que alteran la composición química del manantial y por ello el tipo de agua presente en el manantial Moyococha.

1.4.2. Hipótesis específicas

La posible zona de recarga es la del río Mashcon sector de San Antonio debido a la falla N-S que corta el valle de Cajamarca y la litología con porosidad primaria (material impermeable) que por infiltración llega a recargar a Moyococha corroborando con las muestras químicas de agua de ambos sectores demostrando similitud en resultados y relación con composición litológica.

Los principales componentes químicos que presenta el manantial Moyococha vienen a ser el Calcio, Litio, Magnesio, Hierro, Sodio, Sulfuro componentes que comprometen a puntualizar una clasificación de agua según sus respectivas cantidades.

La comparación del análisis químico entre el año 93 y 2020 dan datación de variabilidad de rango bajo en parámetros químicos puntuales mientras que en el análisis físico el caudal es un índice el cual presenta un descenso notorio con respecto al presente año que puede ir relacionados con el aumento de la población que abastece dicha fuente.

Los componentes químicos presentes en el río Mashcon sector de San Antonio, presentan valores cuantitativos aproximados e iguales que los del manantial Moyococha por lo que se puede inducir que mencionada zona es una posible y potencial área de recarga para el manantial.

Los valores físico-químicos y microbiológicos de las zonas muestreadas se encuentran por debajo del índice permisible del estándar de calidad ambiental, para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, por lo que

pertenece a la categoría A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Cuando se habla de tipo de investigación “se refiere al alcance que puede tener una investigación científica.” (Hernández, 1991). En nuestro caso dado que es un tema de ingeniería el tipo de investigación que utilizaremos será dentro de un diseño metodológico descriptivo-documental que se adecue a las variables desarrolladas se utilizara diseños de evaluación de muestras representativas, observación participante y análisis documental respectivamente. “A través de un estudio descriptivo se pretende obtener información acerca del estado actual de los fenómenos. Naturalmente, recabar toda la información, posible de un fenómeno, se antoja como meta difícilmente alcanzable, pero, de acuerdo con el propósito de estudio, el investigador determina cuales son los factores o las variables cuya situación pretende identificar. La descripción puede incluir aspectos cuantitativos y cualitativos de los fenómenos, va, más allá de la mera acumulación de datos, a un proceso de análisis e interpretación que, desde un marco teórico, realiza el investigador”. (Gallardo, 2007). La investigación documental “se refiere al hecho de que el investigador adquiere la información que necesita por medio de documentos principalmente. Estos documentos ya existen y son: los libros, periódicos, revistas, estadísticas, tesis, investigaciones publicadas, etc. Su labor consiste en ordenar y analizar esa información ya registrada y documentada.” (Reza, 1997).

Según su fin

Metodológicamente se ajusta a una investigación fundamental o básica ya que esta “comprende cualquier tipo que consista en una investigación original cuya finalidad sea el progreso del conocimiento científico, sin tener objetivos comerciales específicos.” (Cegarra, 2004).

Es una investigación Descriptiva y explicativa puesto que, “tiene como objetivo central describir el comportamiento de una o más variables dependientes en una población definida o en una muestra de una población”. (Oblitas, 2018). Mientras que una investigación explicativa “establece las causas o los orígenes del fenómeno físico o social objeto del estudio. El objeto es conocer por que suceden ciertos hechos, por medio de la delimitación de las relaciones causales existentes o, al menos, de las condiciones en que ella se produce.” (Ospino, 2004)

Según el enfoque

En este caso es una investigación Cuantitativa ya que “se centra en el estudio y análisis de la realidad a través de diversos procedimientos basados en la medición. Permite un mayor nivel de control e inferencia que otros tipos de investigación, siendo posible realizar experimentos y obtener explicaciones contrastadas a partir de hipótesis”. (Oblitas, 2018).

Diseño no experimental, transversal

La investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. Por decirlo de alguna otra manera, en un experimento se construye una realidad. En cambio, en un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador.

En algunas ocasiones la investigación se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una o diversas variables en un momento dado, o bien en cuál es la relación entre un conjunto de variables en un punto en el tiempo. En este caso en diseño apropiado (bajo un enfoque no experimental) es el transversal o transeccional. (Toro, I., Dario, R. 2006).

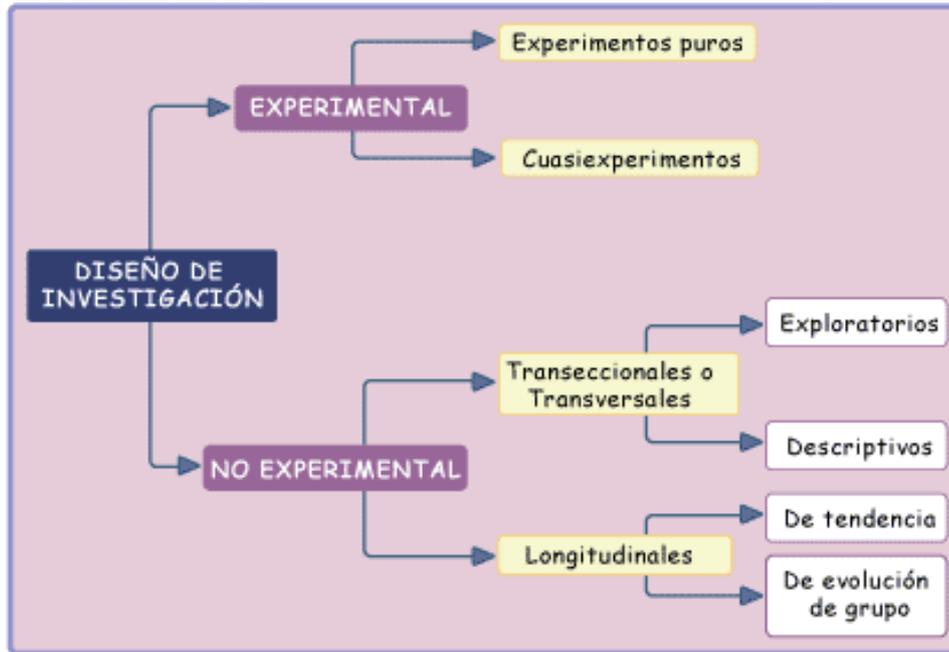


Figura. 1. Diseño de investigación.

Fuente: Como elegir el diseño de investigación apropiado-Consejos y Recomendaciones.
 Normas APA. <http://normasapa.net/elegir-diseno-de-investigacion/>

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población:

“La unidad de estudio se refiere al contexto al ser o entidad poseedora de las características, eventos, cualidades o variables que se desea estudiar”. (Barrera, 2000).

Para este caso se tomó como población de estudio a las fuentes hídricas pertenecientes a la cuenca del Crisnejas, sub cuenca del río Mashchon, departamento de Cajamarca, Provincia de Cajamarca.

Muestra:

Según Hernández, 2014, propone que “La muestra es un subgrupo representativo de la población o universo”, teniendo en cuenta este concepto nuestra unidad de estudio es el manantial Moyococha perteneciente al C.P de Santa Barbara, distrito de Baños de Inca.

Lo que se tomó en campo para el estudio, son muestras simples o puntuales ya que tomamos muestra a dos fuentes distintas el mismo día Manantial Moyococha y Río Mashcon, caserío San Antonio, lo que define el Laboratorio de Química Ambiental

Ideam, 1997, “Una muestra representa la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su captación. En tales circunstancias, un cuerpo de agua puede ser adecuadamente representado por muestras simples, como en el caso de algunas aguas de suministro, aguas superficiales, pocas veces, efluentes residuales”.

2.3. Generalidades

2.3.1. Ubicación

La ciudad de Cajamarca, está ubicada al NO de la cuenca del Crisnejas y en el margen este de la cadena oriental de los cordillera de los andes, teniendo en sus dominios a los ríos que forman el valle de Cajamarca el Chonta y Mashcon, siendo parte de la vertiente del Atlántico. El área de estudio se ubica en el centro poblado de Moyococha, distrito de Baños del Inca, al norte de la ciudad de Cajamarca. Según las coordenadas.

- DATUM: UTM-WGS84
- Zona: 17

Tabla 1. Coordenadas Manantial Moyococha.

MANANTIAL MOYOCOCHA		
ESTE(m)	NORTE(m)	ALTITUD
774168	9210445	2718 msnm

Fuente: Propia.

La toma de muestras para realizar la correlación correspondiente pertenece al caserío de San Antonio, centro poblado de Huambocancha Alta, distrito de Cajamarca, carretera a Bambamarca, en donde el río Maschon intersecta dichos sectores, con una dirección de flujo de agua SE hacia la ciudad de Cajamarca. Según las coordenadas.

- DATUM: UTM-WGS84
- Zona: 17

Tabla 2. Coordenadas segunda toma de muestra.

MA-02		
ESTE(m)	NORTE(m)	ALTITUD
770763.00	9214174.00	2877 msnm

Fuente: Propia.

2.3.2. Accesibilidad

La vía principal para llegar hasta el centro poblado de Moyococha desde la ciudad de Cajamarca consta aproximadamente de 3 km, por camino de ripio desde el puente Moyococha hacia delante.

El área de correlación que se usó para el estudio se encuentra a unos 8 Km desde la ciudad de Cajamarca, por vía asfaltada.

Tabla 3. Accesos al área de estudio.

RUTA	DISTANCIA	TIEMPO	TRANSPORTE	TIPO DE VÍA
Cajamarca- Moyococha	3 Km	15 min	Publico- Particular	Enripiado
Cajamarca- San Antonio	8 Km	45 min	Publico- Particular	Asfaltado

Fuente: Propia.

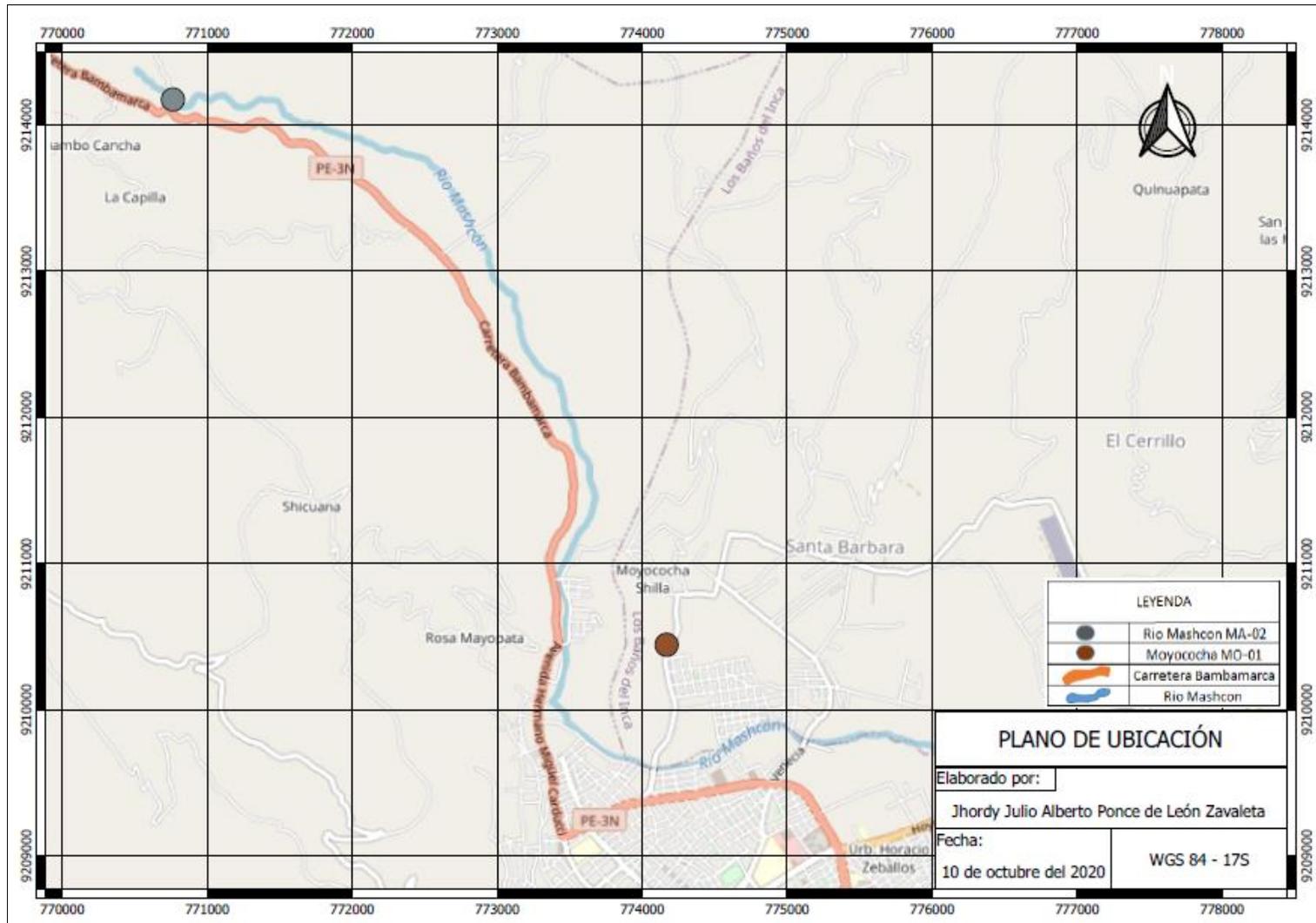


Figura. 2. Plano de Ubicación.
 Fuente: Propia.

2.3.3. Clima y Vegetación

La provincia de Cajamarca presenta por el día un clima seco, templado y soleado, por las noches un clima frío y seco, con temperaturas que descienden hasta los 6°C, característico de las zonas pertenecientes a la región Quechua 2300 – 4000 m.s.n.m. Las precipitaciones pluviales se dan de diciembre a marzo, perteneciente al verano costero, por otro lado los meses de sequía se da de mayo a septiembre. La temperatura media anual máxima es de 21 °C y mínima media de 6 °C. En términos generales la provincia de Cajamarca según la clasificación de Thornthwaite presenta un clima del tipo semiseco, templado y semifrío, teniendo una gran diversidad de climas con respecto a otros territorios, esto se debe a que la cordillera de los andes donde se ubica Cajamarca tiene una proximidad a la línea ecuatorial aparte de los factores orográficos y su baja altitud.

La flora de Cajamarca está supeditada al clima del valle y la presencia de abundantes fuentes de agua y suelos fértiles para la presencia de opulenta vegetación. Tierras con mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva con presencia de árboles altos, planicies con arbustos y paramos de pastizales naturales aptos para la ganadería en zonas pantanosas son las que mayormente encontramos en la provincia de Cajamarca. Entre los árboles más característicos de la zona tenemos al roble, cedro, saucecillo, y el eucalipto en zonas más altas y frías. Las especies de arbustos que más destacan son las orquídeas, bromelias, hortensias, chilca, sauco, etc.



Figura. 3. Vegetación presente en la zona.

Fuente: <https://www.discoveringperu.com/paquetes-turisticos-cajamarca/cajamarca-especial-5d-4n.html>

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Para el presente proyecto de investigación se va a realizar una caracterización del manantial Moyococha con el fin de analizar las principales cualidades que rigen en dicho manantial y la geología que corresponde a la zona de influencia dando una correlación con una posible zona de recarga con el río Mashcon sector de San Antonio, ambas pertenecientes a la cuenca del Crisnejas. A continuación se detalla los métodos, técnicas e instrumentos para recolectar y analizar los datos.

Método deductivo, ya que partiremos utilizando información general para llegar a desarrollar hipótesis particulares propuestas en la investigación.

Observación directa no participante, es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación. Este tipo de observación puede ser intersubjetiva cuando es basada en el principio de que observaciones repetidas de las mismas respuestas por el mismo observador deben producir los mismos datos, y la observación intrasubjetiva, que expone que observaciones repetidas de las mismas respuestas por observadores diferentes deben producir los mismos datos. La observación no participativa es en la que el investigador hace uso de la observación directa sin ocupar un determinado status o función dentro de la comunidad, en la cual se realiza la investigación.

Observación indirecta, se presenta cuando el investigador corrobora los datos que ha tomado de otro, o sea de testimonios orales o escritos de personas que han tenido contacto de primera mano con la fuente que proporciona los datos. (Rodríguez, 2005)

Entrevista, lo que se realizó al señor presidente del JAS Leonardo Escobar y el dueño del terreno Jorge Colina, “es la relación directa establecida entre el investigador y su objeto de estudio a través de individuos y grupos con el fin de obtener testimonios orales. La entrevista puede ser individual o colectiva y por la forma que está

estructurada puede ser libre o dirigida. Cuando ciertas condiciones externas a la investigación lo permiten, es conveniente repetir la entrevista para verificar la información obtenida.” (Rodríguez, 2005)

Análisis documentario, cualitativo, consiste en analizar la información registrada en materiales duraderos que se denominan documentos. Se consideran dos tipos básicos de documentos: escritos y visuales. Entre los escritos, se pueden considerar, actas, circulares, cartas, diarios, discursos, periódicos, revistas, programas de cursos, horarios, materiales, políticas, leyes y decretos.

Se caracteriza por la clasificación sistemática, descripción e interpretación de los contenidos del documento, que se llevará a cabo de acuerdo con los objetivos del estudio. (Ferreira y otros, 2006).

Tabla 4. Ventajas y desventajas del análisis de documentos.

Ventajas	Desventajas
- Técnica no intrusiva.	- Disposición de documentos.
- Los datos tienen forma permanente.	- Escritos con otro propósito.
- Información longitudinal de bajo costo.	

Fuente: Ferreira, R y otros (2006). Introducción a las técnicas cualitativas de investigación en salud.

De forma general, los datos obtenidos de los documentos pueden usarse de la misma manera que los derivados de las entrevistas y las observaciones, y su utilización en combinación con otros documentos y técnicas de investigación enriquece los hallazgos del estudio. Los documentos recibidos para esta investigación se pueden apreciar en anexos.

Para obtener una data ordenada del estudio se utilizaron tablas, fichas de inventario, cadena custodia y modelos de rotulación elaborados por el tesista y emitidos por el laboratorio, a continuación se detallan los instrumentos mencionados.

Tabla 5. Tabla de ubicación de puntos de muestreo.

Estación	Norte	Este	Cd. de muestra	Sistema de coordenadas
Moyococha	774168	9210445	MA-01	WGS-84 17S
Rio Mashcon – Sector San Antonio	770763.00	9214174.00	MO-02	WGS-84 17S

Fuente: Propia.

La tabla 5, nos permite tener la información de la ubicación geográfica espacial con el sistema de coordenadas utilizada para la elaboración de planos.

Tabla 6. Ficha de inventario para muestreo de manantiales.

FICHA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA		CÓDIGO	MO-01
ZONA/CACE RIO		RESPONSABLE	Jhordy Julio Alberto Ponce
PROVINCIA		ZONA/SISTEMA	WGS 84 17S
Tno. MUNICIPAL		COORDENADAS	
TOPONIMIA			
PARAJE		COTA DEL SUELO	
SISTEMA ACUÍFERO			
PROPIETARIO TERRENO			
PROPIETARIO MANANTIAL			
TIPO DE FUENTE	USO DEL AGUA	FECHA	
Acuífero libre		14 de Agosto del 2020	
ACCESIBILIDAD			
REGIMEN DE FLUJO			
HORARIO			

Fuente: Propia.

La tabla 6, un fichero para describir cada manantial y su situación como se encuentra en campo, esto nos permite ordenar datos puntuales, propietario del terreno, dueño del manantial, accesibilidad, etc.

Tabla 7. Tabla de rotulación para muestreo en campo.

LABORATORIO REGIONAL DE AGUA Etiquetas de Muestreo			CODIGO DEL CLIENTE
CÓD. DE LABORATORIO: <input type="text"/>			ID MUESTRA <input type="text"/>
Parámetros Físicos-Químicos-Biológicos			LOCALIZACIÓN <input type="text"/>
Ph	Cloro....	Nitrogeno	FECHA Y HORA <input type="text"/>
Conductividad	Metales Totales	CN.....	MUESTRADEOR <input type="text"/>
Turbidez	Mercurio	Cromo VI	
Aniones.....	Dureza	Color	
TDS	Metales Disueltos	Sulfuros	
Color	DQO	NC. Totales	
Observaciones:.....			

Fuente: Laboratorio Regional del Agua.

La tabla 7, ayuda a realizar un muestreo en campo ordenado para cada parámetro deseado, así cada frasco con un fin analítico tendrá su rotulación para su posterior trabajo y análisis en laboratorio. “Por ejemplo, para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, pegar al frasco de muestra antes de o en el momento de muestreo, papel engomado o etiquetas adhesivas en las que se anote, con tinta a prueba de agua, por lo menos la siguiente información; número de muestra, nombre del recolector, fecha, hora y lugar de recolección, y preservación realizada. Es imprescindible el etiquetado de todas las muestras para poder asegurar la identificación adecuada a lo largo de todo el proceso de monitoreo en el campo, transporte y análisis de laboratorio.” (Tejerina, 2015).



Figura. 5. Certificado INACAL.

Fuente: Laboratorio Regional del Agua.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo Público Técnico Especializado y máximo autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional para la Calidad, responsable de su funcionamiento en el marco de lo establecido en la Ley N. ° 30224.

En la siguiente tabla se presenta la lista de materiales utilizados para llevar a cabo la investigación.

Tabla 8. Materiales.

Materiales de campo	Gabinete y Laboratorio
- Libreta de Campo	- Lapicero
- Lapicero Indeleble	- Microsoft Word 2013
- GPS	- Microsoft Excel 2013
- Brújula	- Google Earth Pro
- Planos de ubicación	- Diagrammes
- Celular Samsung	- Laptop Lenovo
- Ph metro (TDS +Temperatura+CE)	- QGis Desktop 3.14
	- EASY QUIM
	- Civil3D
- Instructivo para la toma de muestra	
- Recipiente milimetrado	- USB
- Cámara fotográfica	- Impresora
- Guantes	- Papel
- Cooler	
- Ice Pack	
- Botella esterilizada	
- Frasco de muestreo para metales totales	
- Frasco para aniones	
- Bolsas Burbupack	
- Preservantes para metales totales	

- Mascarilla N95	- Mapa hidrográfico de Cajamarca
- Balde	- Cadena de custodia
- Reloj	- Carta Geológica del Ingemet 15-f
- Picota	- Google Hybrid
- Cronometro	- Papel Bond A4

Fuente: Propia.

Los materiales que usaremos para la medición en campo son instrumentos electrónicos que nos permitirán realizar un análisis de factores químicos básicos o parámetros no específicos, los pH metros y combos marca Hanna son ideales para este tipo de análisis, colocando estos materiales en una jarra con muestra de agua de afloramientos subterráneos y superficiales, estos instrumentos darán dataciones de todas las características presentes. Es factible aclarar que para cada toma de muestra es necesario calibrar el equipo para que no dé resultados erróneos.

Por otro lado para medir la conductividad hidráulica no se tiene el suficiente presupuesto para realizar un ensayo de Packer Test, por ello se realizara un ensayo pragmático para determinar la conductividad hidráulica en L/s, para el caso del manantial se usara cronometro y jarra milimetrada, para la situación de fuentes superficiales como el rio, no se cuenta con un caudalimetro por ello la forma de medir su caudal es mediante el método del flotador. Para los casos mencionados necesitaremos:

- Una jarra con capacidad de 1000 ml o más, sin tapa.
- Un cronometro.
- Una objeto flotador.

- Flexometro.
- Un lápiz y papel o una computadora portátil para anotar las observaciones y los resultados.

2.6. Procedimiento

Con los materiales antes mencionados se precedió a realizar primero la toma de muestras para su análisis en laboratorio para ello se requirió seguir un protocolo de seguridad para salvaguardar las muestras ante cualquier contaminación por factores externos.

Preparación en Gabinete:

- Colocar los Ice Packs dentro del Cooler y llevarlos siempre al momento de muestrear. Tener en cuenta la entrega del preservante Químico para el análisis de metales totales por parte del laboratorio.
- Utilizar los frascos de muestreo proporcionados por el laboratorio para este caso 6 frascos, dos de ellos, frascos de vidrio debidamente esterilizados para el análisis microbiológico.
- Acomodarlos en el cooler utilizando las bolsas burbupack como protectores para las botellas de vidrio.



Figura. 6. Materiales en campo.

Fuente: Propia.

Tabla 9. Lista de materiales en campo.

ITEM	DESCRIPCION
X	Preservante
1	Cooler
2	Frasco de plastico (Metales - Mercurio)
3	Frasco de plastico (Aniones)
4	Ice Pack
5	Frasco de vidrio (Coliformes Fecales)
6	Ph metros combo Hanna
7	Jarra mimetrada
8	Plumon Indeleble
Y	Guantes quirurjicos

Fuente: Propia

Para la toma de muestras se utilizó el manual SM 1060 Estándar Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed. 22, 2017, que describe “The objective of sampling is to collect a portion of material small enough in volumen to be transported conveniently and yet large enough for analytical purposes while still accurately representing the material being sampled. This objective implies that the relative proportions or concentrations of all pertinent components will be the same in the samples as in the material being sampled, and that the sample will be handled in such a way that no significant changes in composition occur before the tests are made.”. Nos da un concepto de la forma práctica y eficaz de recolectar un volumen de muestra suficientemente pequeña para transportarla de manera conveniente al contexto y lo suficientemente grande para poder realizar los estudios analíticos respectivos. Teniendo en cuenta la relación entre la proporción de la muestra y el material con que

se muestrea. Esto implica manipular la muestra de tal manera que no ocurran cambios significativos antes de que se realicen los ensayos en laboratorio.

Toma de muestras para análisis en laboratorio.

- Colocarse los guantes quirúrgicos para proceder a realizar la toma de muestras, esto evitara cualquier posible contaminación con los frascos y posteriores resultados erróneos en la hoja de análisis.



Figura. 7. Paso 1 para toma de muestras.

Fuente: Propia.

- De forma general para todos los frascos independientemente sea su fin analítico se debe contaminar por completo incluyendo tapa y sellante con el agua del punto de muestreo y repetirlo de manera continua y pareja tres veces, así lograremos cubrir con los componentes del agua a los respectivos frascos y reduciremos la probabilidad de contaminantes indeseables que se hayan quedado en estos.



Figura. 8. Contaminación de frasco con agua del punto de muestreo.

Fuente: Propia.

- Proceder con la toma de muestras para los tres frascos. Llenando hasta el cuello de las botellas para los frascos de plástico destinados a Aniones, Metales totales y mercurio, el frasco de vidrio esterilizado destinado para análisis microbiológico se llenó hasta 3/4 de su capacidad por protocolo de laboratorio.



Figura. 9. Preparación para toma de muestras.

Fuente: Propia.

- Tapar inmediatamente y agitar los frascos para homogenizar el contenido.



Figura. 11. Toma de muestra
aniones.

Fuente: Propia.



Figura. 10. Sellado de muestra
Aniones.

Fuente: Propia.

- Rotular los frascos con tinta indeleble en las respectivas etiquetas. Teniendo en cuenta el formato pre inscrito por el laboratorio.



Figura. 12. Rotulación de muestra
Parámetro biológico.

Fuente: Propia.

- Las muestras se acomodan en el cooler bajo la sombra para su posterior transporte conservándolos a una temperatura menor igual a los 6°C con la presencia de los Ice Pack y tratando de ordenarlas para que no haya movimientos bruscos que puedan romper los frascos de vidrio.



Figura. 13. Transporte en Cooler.

Fuente: Propia.

Consideraciones extras para cada fin analítico en la toma de muestras en campo.

Tabla 10. Consideraciones finales para toma de muestras.

Análisis	Frasco Control de Laboratorio	Preservante	Consideración
Metales totales, mercurio.	Frasco de plástico, etiqueta de rotulación solapada,	Si (HNO ₃) Ácido Nítrico	Llenar el frasco con el contenido de agua hasta el cuello de la botella dejando espacio para colocar las 25 gotas de preservante y evitar su rebose. Agitar bien
Coliformes fecales (Bacteriológico)	Frasco de vidrio, etiqueta de rotulación solapada.	Si, en caso se tome tiempo de análisis (CH ₂ O) (Frasco Estéril)	Sellar y colocar la bolsa de burbupack, conservar la muestra a una temperatura menor igual a 6°C.
Aniones	Frasco de plástico.	No	-----

Fuente: Propia.



Figura. 14. Muestreo finalizado y rotulado.
Fuente: Propia.

Toma de muestras del segundo punto, río Mashcon, sector de San Antonio, Huambocancha alta.

Para la toma de muestras del segundo punto, la metodología de muestreo no difirió en mucho con respecto al procedimiento de la primera toma de muestras. Los puntos a considerar son los siguientes:

- El muestreo en ríos debe darse donde encontremos un buen cauce, evitando tomar la muestra en zonas de estancamiento o bajo flujo de agua, como nos menciona el manual de muestreo de agua superficial de la Universidad Nacional de Mayolo, 2009, “Las muestras de aguas de ríos y arroyos han de extraerse de preferencia de la zona central del río o de una zona donde fluya el agua, pero sin turbulencia. Se debe evitar tomar agua de los márgenes del río ya que allí el agua no está perfectamente mezclada y puede haber sufrido efectos de evaporación o de contaminación”
- Debido a la temporada de pocas lluvias que hay en Cajamarca en los meses de Junio a Agosto, el cauce del río Mashcon es muy bajo, se trató de buscar una zona adecuada para la toma de muestra.



Figura. 15. Punto de toma de muestras MA-02
Fuente: Propia.

- Dado que la toma de muestras se realizó en un río ya no se cuenta con la presencia de una zona de desfogue por lo cual al momento de tomar la muestra los frascos se sumergieron 10 cm por debajo del agua para así enjuagar (contaminar), los depósitos con el agua del río.

Toma de parámetros no específicos en campo.

- Ph metro (Temperatura+STD+CE), instrumento de medición automatizada que dará lectura de parámetros físico químicos básicos, es importante su previa calibración para mitigar el riesgo a lecturas erróneas.
- Jarra milimetrada, nos permitirá retener agua de la zona a muestrear para proceder a la respectiva toma de datos, para ello al igual que las demás muestras el procedimiento de enjuague será el mismo, repitiéndolo 3 veces, de esta manera nos aseguraremos de obtener una medición más exacta, mediante la contaminación del recipiente.

- Se pasó a llenar la jarra la mitad de su capacidad y posteriormente a colocar los Ph metros.

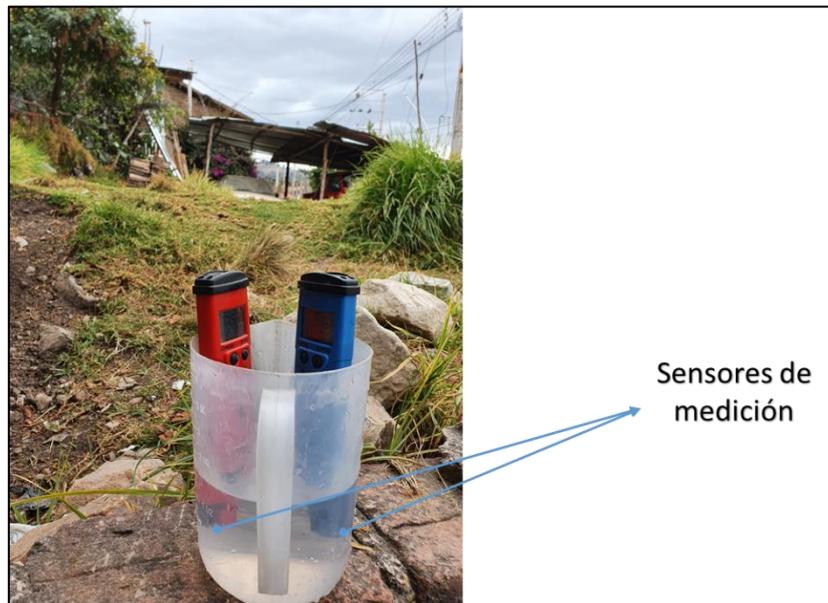


Figura. 16. Medición con Ph metros.
Fuente: Propia.

Medición del aforo

- Una medición de caudal en una fuente hídrica que tenga una zona de desfogue o ducto de salida es más fácil de calcular que la medición de caudal de un río, para ello se utilizan caudalímetros que nos faciliten las mediciones, dada la situación hay métodos pragmáticos en campo para medir sectores pequeños no caudalosos de los ríos, mediante el cálculo de una área establecida y el tiempo recorrido de un barco de papel, para el caso del manantial ya que cuenta con una zona de desfogue o ducto de salida podemos aplicar el método volumétrico.
- Colocamos la jarra bajo la corriente con el fin de recibir todo el flujo, al momento de realizar esto se activa el cronometro y se detiene al momento que la jarra se retira del ducto de salida de agua, se realizó esta práctica en varios tiempos para así estimar un valor promedio. Se utiliza una jarra milimetrada ya que el caudal presenta una margen bajo, para los casos contrarios se puede utilizar una caneca de 30 litros o más.

- Este método es recomendable siempre y cuando dispongamos de un suelo firme que no permita que el recipiente se mueva.



Figura. 17. Método Volumétrico.

Fuente: Corantioquia. Medición del cauda, 2014.

- En el caso del río se aplicó el método de área-velocidad o flotadores, para medir la velocidad del agua en una sección del río.
- Seleccionamos en el río un tramo uniforme, donde el agua fluya libremente, sin mucha turbulencia, que sea recto y sin obstáculos que dificulten el ensayo. Se elige en el centro del cauce un punto inicial (A) y otro final (B) a lo largo de la corriente del río, luego una persona se ubica en el punto A y otra en el B con el cronómetro en mano listo para tomar el tiempo de recorrido del papel o flotador desde el punto inicial hasta el final. Seguido a esto calculamos la relación entre la distancia de los dos puntos con el tiempo determinado que dura el ensayo de punto A al B.

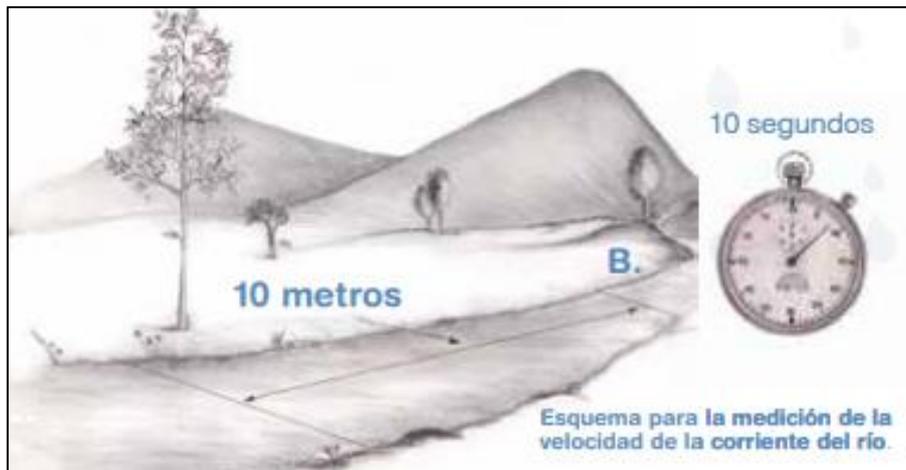


Figura. 18. Método área velocidad.

Fuente: Corantioquia, Medición del caudal, 2014.

Trabajo de gabinete.

- Carta Geológica del Ingemmet (14-f), perteneciente al cuadrángulo de Cajamarca, la cual georeferenciando y colocando los puntos de muestreo nos sirvió para analizar las formaciones geológicas de la zona de investigación, esto nos permitió definir en campo las unidades estratigráficas y estructurales.
- Google Hybrid, o complementos de imágenes satelitales, (Bing Satélite, Esri, OpenStreetMap, Google, SAS planet, etc). Esto sirvió para reconocer y ubicar las principales formaciones geológicas con la ayuda de la carta geológica y ubicar las áreas de estudio.
- QGIS 3.14.16, software de información geográfica y geológica que nos permite el análisis, captura, diseño, edición e impresión de información, para la elaboración de mapas.
- Civil 3D metric, software de diseño usado en la investigación para digitalizar las secciones geológicas (transversal y longitudinal) y obtener como resultado el modelo hidrogeológico conceptual del manantial Moyococha.

- EASY_QUIM.4, software diseñado por el grupo de hidrología subterránea que nos permite calcular el balance químico de análisis de aguas y su representación de manera gráfica en los siguientes diagramas, Piper, Siff y Schoeller.
- Microsoft Office 2013, paquete de herramientas informáticas multifuncionales que perfecciono y facilito la elaboración del trabajo. (Microsoft Word 2013, Microsoft Excel 2013, Microsoft Power Point 2013).
- Recopilación y análisis de información existente, consistió en la recopilación y análisis del mayor número de información relacionada con estudio de fuentes hídricas y sus principales características que rigen su funcionamiento. Se obtuvo información substancial de los estudios hidrogeológicos en los buscadores especializados en bibliografía científica-académica, como: Redalib, Scielo, Dialnet, Google Académico.

Procesamiento de data físico-químico y microbiológico en Software

El procedimiento es la acumulación y manipulación de elementos de datos para producir información significativa que apoye a la investigación, por ello el procedimiento se basó en colocar los valores pertinentes o que sean de relevancia en el programa con el fin de obtener diagramas que nos demuestren una clasificación de agua de acuerdo a sus componentes químicos, para ello se trabajó con los programas Easy Quim 4.0, Diagramers y Excel, este ultimo nos sirvió como plantilla para importación de datos.

EASY_QUIM.4		TABLA DE ANALISIS QUIMICOS Y RELACIONES IONICAS (IONES MAYORITARIOS)													
Autor: Enric Vázquez Suñé (1990) (Actualizado 2001)		al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al
Coord Coord		28-jun-19 Hu-01	28-jun-19 Hu-02	28-jun-19 Hu-03	28-jun-19 Hu-04	28-jun-19 Hu-05	28-jun-19 Hu-06	28-jun-19 Hu-07	28-jun-19 Hu-08	28-jun-19 Hu-09	28-jun-19 Hu-10	28-jun-19 Hu-11	28-jun-19 Hu-12	28-jun-19 Hu-13	28-jun-19 Hu-14
CE uS/cm		230.00	302.00	128.00	108.00	326.00	280.00	285.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
pH		8.54	7.63	8.24	8.06	8.52	8.94	9.12	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90
TAC															
DUR		46.00	17.00	9.00	46.00	33.00	34.00	7.00	215.00	204.00	11.00	14.00	177.00	37.00	248.00
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
HCO3-		23.60	10.20	0.90	38.20	27.00	28.10	0.90	192.20	155.30	0.90	6.90	142.40	0.90	207.30
SO4-		10.38	1.95	2.63	1.81	0.84	0.52	1.61	2.17	16.01	3.37	2.52	3.94	18.79	2.20
Cl-		0.04	0.27	0.04	0.07	0.03	0.03	0.04	0.61	1.01	0.02	0.09	0.52	0.09	0.34
NO3-		0.003	0.21	0.03	0.02	0.003	0.04	0.25	0.10	0.83	0.003	0.02	0.14	0.003	1.48
sum aniones		34.025	12.638	3.602	39.894	27.736	28.796	2.799	195.091	172.249	4.298	9.52	147.1	19.762	211.3
cationes		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+		0.09	0.59	0.09	3.27	3.29	3.48	0.09	0.09	1.69	0.09	1.89	1.99	1.33	1.18
K+		0.01	0.77	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1.53	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca++		11.98	4.50	0.62	7.43	4.91	6.08	0.90	79.60	72.59	0.79	1.76	49.15	2.83	76.85
Mg++		0.004	0.58	0.00	2.40	0.36	1.63	0.004	1.58	2.08	0.004	0.62	3.32	1.26	1.84
sum cationes		12.082	6.414	0.122	13.108	9.165	11.199	0.902	80.68	77.887	0.892	4.267	54.469	6.294	79.963
NH4+		0.68	5	0.35	0.081	0.094	0.07	0.288	0.708	1.939	0.623	0.104	0.763	0.092	1.797
Cl-+NO3-		0.045	0.485	0.095	0.076	0.036	0.06	0.095	0.708	1.939	0.623	0.104	0.763	0.092	1.797
Na+ + K+		0.095	1.365	0.095	3.276	3.296	3.486	0.095	0.095	1.695	0.095	1.895	1.995	1.335	1.185
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
HCO3-		0.39	0.17	0.01	0.63	0.44	0.46	0.01	3.15	2.55	0.01	0.11	2.33	0.01	3.40
SO4-		0.22	0.04	0.05	0.03	0.01	0.01	0.03	0.05	0.33	0.07	0.05	0.08	0.29	0.05
Cl-		0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01
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	0.02
Cl-+NO3-		0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03
sum aniones		0.69	0.22	0.07	0.66	0.46	0.48	0.05	3.21	2.92	0.03	0.17	2.44	0.41	3.48
cationes (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

Figura. 19. Interfaz Easy Quim 4.0

Fuente: EASY_QUIM.4

En la figura 19 podemos observar la interfaz del primer programa mencionado en el cual trabajaremos. A continuación en la figura se detalla los sectores donde se realiza el procesamiento de datos para su posterior análisis, las columnas de la derecha fueron eliminados debido a que la investigación solo necesita procesar dos muestras de campo.

EASY_QUIM.4
Autor: Enric Vázquez Suñé (1999)
(Actualizado 2001)

TABLA DE ANALISIS QUIMICOS Y RELACIONES IONICAS (IONES MAYORITARIOS)

ACCION	si	si
Fecha	28-jun-19	28-jun-19
Pozo	Hu-01	Hu-02
Coord x		
Coord y		
CE uSfom		
pH		
TAC		
DUR		
TSD		

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

0

3
APRETAR AQUÍ PARA RECALCULAR LOS GRAFICOS (Según la ACCION sea SI / NO)
Esta opción sólo puede utilizarse una vez.

aniones	mg/l	mg/l
HCO ₃ ⁻		
SO ₄ ⁼		
Cl ⁻		
NO ₃ ⁻		
sum aniones		

cationes	mg/l	mg/l
Na ⁺		
K ⁺		
Ca ⁺⁺		
Mg ⁺⁺		
sum cationes		

	mg/l	mg/l
NH ₄ ⁺		
Cl-NO ₃ ⁻	0	0
Na ⁺ + K ⁺	0	0

aniones (meq/l)	meq/l	meq/l
HCO ₃ ⁻	0.00	0.00
SO ₄ ⁼	0.00	0.00
Cl ⁻	0.00	0.00
NO ₃ ⁻	0.00	0.00
Cl-NO ₃ ⁻	0.00	0.00
sum aniones	0.00	0.00

cationes (meq/l)	meq/l	meq/l
Na ⁺ + K ⁺	0.00	0.00
NH ₄ ⁺	0.00	0.00

4

PIPER | SCHOELLER | STIFF | BNA_STIFF | COORD_POST | SAR | manual de us

Figura. 20. Easy_Quim.4

Fuente: Propia.

En la numeración 1 encontramos las celdas de datos puntuales de la toma de muestra, como fecha, código de muestra y coordenadas, debajo de esto se encuentran las celdas de los parámetros medidos directamente en campo con ayuda del Ph metro, tales como; conductividad eléctrica, potencial hidrogeno (pH), total de solidos disueltos (STD).

En la numeración 2 se encuentra la columna de parámetros químicos aniones y cationes que son fundamentales para que el programa realice una lectura adecuada, entre ellos tenemos respectivamente a HCO₃⁻, SO₄⁼, Cl⁻, NO₃⁻ y Na⁺⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺. Todos estos datos son extraídos del análisis de laboratorio. Contigua a esta columna encontramos celdas con parámetros iguales, sin embargo debemos fijarnos bien en las unidades de nuestro análisis

químicos mg/l y meq/l, para este caso en mg/l por lo que se está trabajando con la primera columna.

La numeración 3 muestra la configuración de lectura del programa la cual activamos después de a ver colocado y corroborado todos los datos en las numeraciones anteriores, seguidamente el programa nos botara un mensaje de lectura concretada y nos mostrara por defecto, el diagrama de Piper. En la numeración 4 podemos encontrar pestañas con la descripción de cada diagrama analizado.

En este caso con el programa EASY_QUIM.4 se procesó la data con el fin de obtener los diagramas de Piper, Schoeller y SAR. Para el diagrama de STIFF se utilizó el programa Diagrammes.

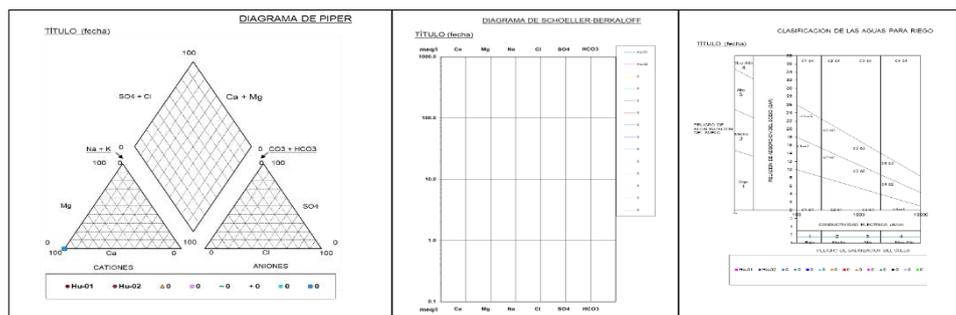
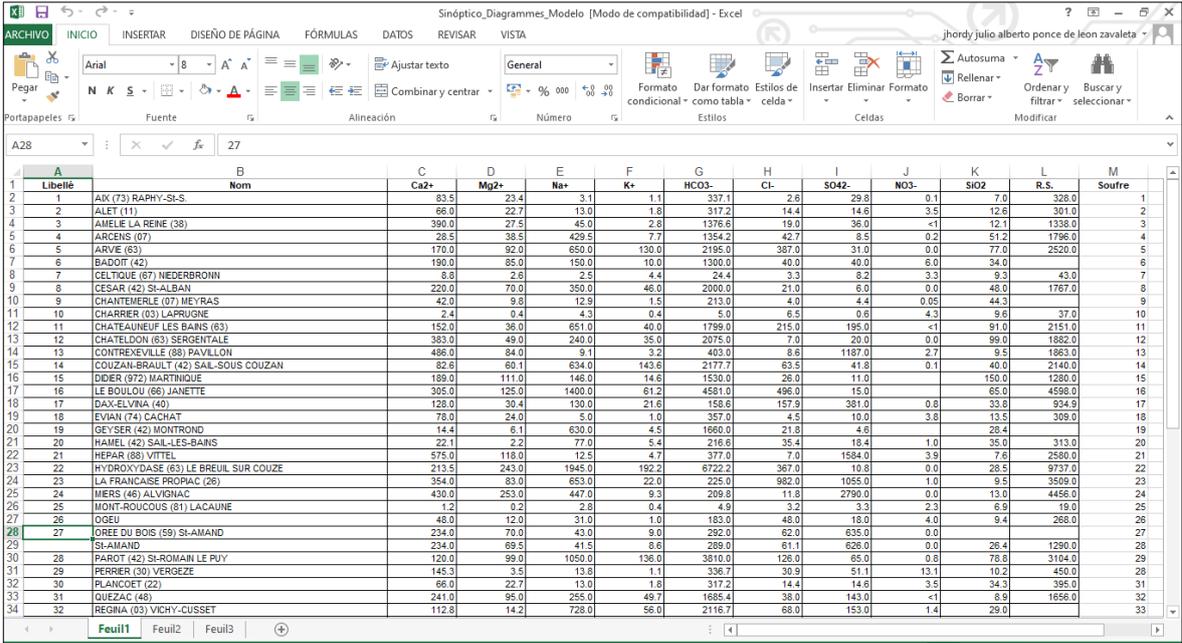


Figura. 21. Modelo de diagramas.
Fuente: Easy_QUIM.4

Con el programa Diagrammes el procesamiento de data fue similar, con los resultados del análisis de laboratorio se trabajó pasándolos a una plantilla de Excel que ayudo a ordenar y procesar la data para su posterior importación a Diagramares. En la plantilla encontramos columnas con descripción Libellé (Muestra número), Nom (Código de muestra), y los parámetros químicos que nos solicita el programa entre ellos son; Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , etc, los datos para estos parámetros vuelvo a mencionar se extraen del informe del análisis químico de laboratorio.



Libellé	Nom	Ca2+	Mg2+	Na+	K+	HCO3-	Cl-	SO42-	NO3-	SiO2	R.S.	Soufre
1	AV (73) RAPHY-SIS	83.5	23.4	3.1	1.1	337.1	2.6	29.8	0.1	7.0	328.0	1
2	ALET (VIA) 40	86.0	22.7	13.0	1.8	317.2	14.4	14.6	3.5	12.6	301.0	2
3	AMELIE LA REINE (38)	390.0	27.5	45.0	2.8	1376.6	19.0	36.0	<1	12.1	1338.0	3
4	ARCENS (07)	28.5	38.5	429.5	7.7	1354.2	42.7	8.5	0.2	51.2	1796.0	4
5	ARVE (63)	170.0	92.0	650.0	130.0	2195.0	387.0	31.0	0.0	77.0	2520.0	5
6	BADOIT (42)	190.0	85.0	150.0	10.0	1300.0	40.0	40.0	6.0	34.0	1500.0	6
7	CELTIQUE (67) NEDERBRONN	9.8	2.6	2.5	4.4	24.4	3.3	9.2	3.3	9.3	43.0	7
8	CESAR (42) SAL-BAN	220.0	70.0	350.0	46.0	2000.0	21.0	6.0	0.0	48.0	1767.0	8
9	CHANTERLE (07) MEYRAS	42.0	9.8	12.9	1.5	213.0	4.0	4.4	0.05	44.3	150.0	9
10	CHARRIER (03) LAPRUGNE	2.4	0.4	4.3	0.4	5.0	6.5	0.6	4.3	9.6	37.0	10
11	CHATEAUNEUF LES BAINS (63)	152.0	36.0	651.0	40.0	1799.0	215.0	195.0	<1	91.0	2151.0	11
12	CHATELON (63) SERGENTALE	333.0	49.0	240.0	35.0	2375.0	7.0	20.0	0.0	99.0	1832.0	12
13	CONTREXEVILLE (88) PAVILLON	486.0	84.0	9.1	3.2	403.0	8.8	1187.0	2.7	9.5	1863.0	13
14	COUZAN-BRAULT (42) SAIL-SOUS COUZAN	82.6	60.1	634.0	143.6	2177.7	63.5	41.8	0.1	40.0	2140.0	14
15	DIDER (972) MARTINIQUE	189.0	111.0	146.0	14.6	1530.0	26.0	11.0	0.0	150.0	1280.0	15
16	LE BOULOU (66) JANETTE	305.0	125.0	140.0	61.2	4581.0	496.0	15.0	0.0	65.0	4598.0	16
17	DAKÉVIA (42)	123.0	39.4	130.0	21.6	156.6	157.9	381.0	0.8	33.0	934.9	17
18	EVJAN (74) CACHAT	75.0	24.0	5.0	1.0	357.0	4.5	10.0	3.8	13.5	309.0	18
19	GEYSER (42) MONTROND	14.4	6.1	630.0	4.5	1660.0	21.8	4.6	0.0	28.4	150.0	19
20	HAMEL (42) SAIL-LES-BAINS	22.1	2.2	77.0	5.4	216.6	35.4	18.4	1.0	35.0	313.0	20
21	HEPAR (88) VITTEL	575.0	118.0	12.5	4.7	377.0	7.0	1584.0	3.9	7.6	2580.0	21
22	HYDROXYDASE (63) LE BREUIL SUR COUZE	213.5	243.0	1845.0	192.2	6722.2	367.0	10.8	0.0	28.5	9737.0	22
23	LA FRANCAISE PROPAC (26)	354.0	83.0	653.0	22.0	225.0	982.0	1055.0	1.0	9.5	3509.0	23
24	MIERS (46) ALVIGNAC	430.0	253.0	447.0	9.3	209.8	11.8	2790.0	0.0	13.0	4456.0	24
25	MONT-ROUCOUS (81) LACAUNE	1.2	0.2	2.8	0.4	4.9	3.2	3.3	2.3	6.9	19.0	25
26	DOEU	48.0	12.0	31.0	1.0	183.0	48.0	18.0	4.0	9.4	268.0	26
27	FORE DU BOIS (59) SL-AMAND	234.0	70.0	43.0	9.0	292.0	62.0	635.0	0.0	0.0	1290.0	27
28	SL-AMAND	234.0	69.5	41.5	8.6	289.0	61.1	626.0	0.0	26.4	1290.0	28
29	PAROT (42) SI-ROMAIN LE PUY	120.0	99.0	1050.0	136.0	3810.0	126.0	65.0	0.8	78.8	3164.0	29
30	FERRER (30) VERGEZE	145.3	3.5	13.8	1.1	336.7	30.9	51.1	13.1	10.2	450.0	30
31	PLANCOT (22)	66.0	22.7	13.0	1.8	317.2	14.4	14.6	3.5	34.3	395.0	31
32	QUIZAC (46)	241.0	95.0	255.0	49.7	1605.4	38.0	143.0	<1	8.9	1656.0	32
33	REGNIA (03) VICHY-CUSSET	112.8	14.2	728.0	56.0	2116.7	68.0	153.0	1.4	29.0	1656.0	33

Figura. 22. Plantilla Diagramers.
Fuente: Propia.

Posteriormente se importa la plantilla de Excel en formato xls al software.

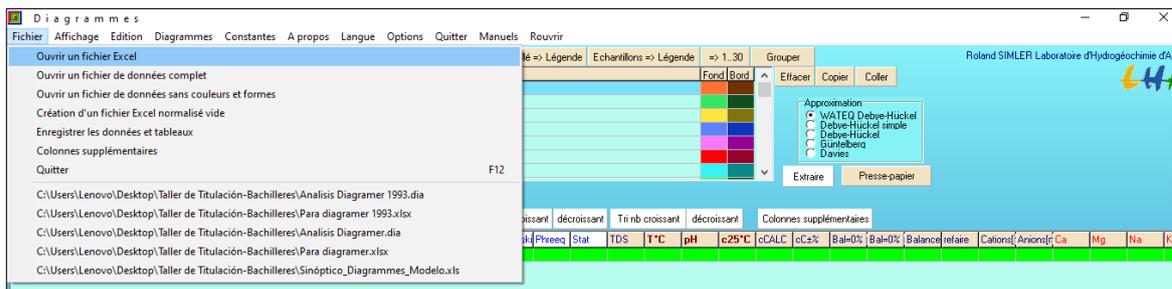


Figura. 23. Importación Excel-Diagramers.
Fuente: Diagramers.

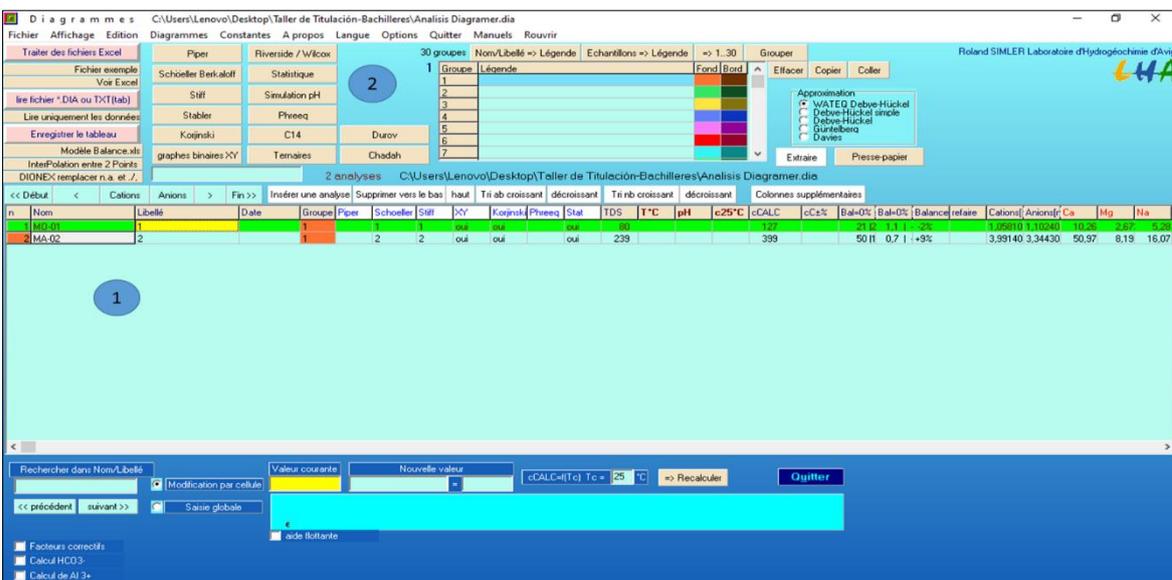


Figura. 24. Interfaz Diagramers.
Fuente: Diagramers.

Luego de haber importado la plantilla, el programa nos mostrara en filas la cantidad de muestras que hemos procesado, en este caso son dos, se puede apreciar en la numeración 1 las dos filas correspondientes a las muestras de MO-01 y MA-02. Para observar los diagramas generados por el programa, en la sección número 2 nos muestra las opciones de diagramas, como se mencionó antes este programa fue corrido para obtener el diagrama de Stiff, de las fuentes muestreadas, sin embargo también podemos apreciar todos los diagramas para validar la severidad entre ambos programas.

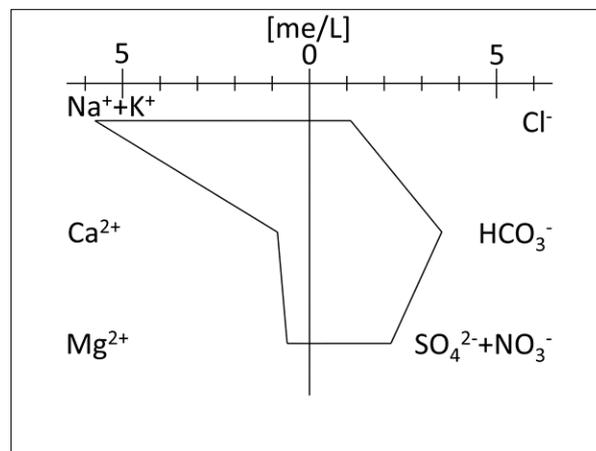


Figura. 25. Diagrama de Stiff.

Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_Stiff

Métodos de Ensayo Utilizados en Laboratorio

La determinación analítica se ha realizado en el Laboratorio Regional del Agua Acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL-DA, con el propósito de determinar parámetros más específicos, las técnicas analíticas fueron diversas, específicas y validadas, para los diferentes parámetros determinados, cuando las muestras llegan a laboratorio pocas horas después de ser recogidas se procede a llenar la cadena custodia y verificar el protocolo de toma de muestras por parte del laboratorista.

Tabla 11. Métodos de Ensayo Utilizados en Laboratorio.

ENSAYO	UNIDAD	METODO DE ENSAYO UTILIZADO
Metales Disueltos Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bl, Ca, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Tl, Ti, U,V, Zn)	mg/L	EPA Methos 200.7 Rev 4.4, 1994 (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.
Mercurio por AAS-CV	mg/L	EPA 245.1 Rev 3.0 1994 (Validado) 2014. Determination of mercury in water by cold vapor atomic absorption spectrometry.
Aniones (Flurouro, Cloruro, Nitrato, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA 245.1 Rev. 1.0.1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100MI	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23 rd Ed. 2017: Multiple – Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

Fuente: Laboratorio Regional del Agua – Gobierno Regional de Cajamarca

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Los resultados demuestran información recolectada en campo, búsqueda de trabajos descriptivos relacionados a la hidrogeología que respalden la investigación, parámetros cualitativos y cuantitativos del estudio realizado al manantial Moyococha. Datos que nos ayuden a demostrar la caracterización del manantial Moyococha para determinar su zona de recarga y así por consiguiente dar una definición y también actualización del estado en el que se encuentra dicho recurso y las características de sus aguas con el objetivo de ayudar a la población a realizar una correcta gestión de su fuente hídrica y aportar con el conocimiento colectivo.

IV.I. GEOLOGÍA:

IV.I.I. Localización Geológica.

Los puntos de muestreo se encuentran dentro del valle de Cajamarca que este a su vez está formado por sedimentos Triásicos y Jurásicos en su basamento. Mientras que las secuencias litológicas más potentes pertenecen a secuencias plegadas del cretáceo inferior y superior, donde tenemos rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas. Los sedimentos cuaternarios son representativos y están en mayor parte del territorio con espesores que alcanzan entre 30-60 m y por ser material de constitución porosa no consolidada pueden ser formadores de acuíferos.

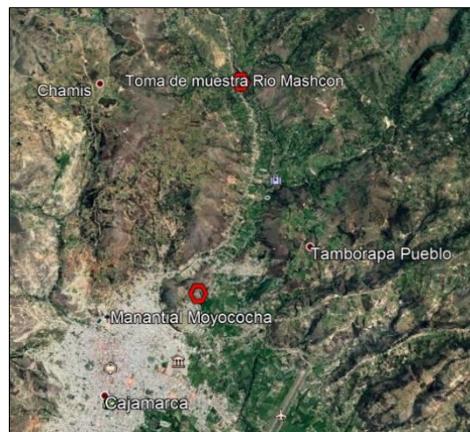


Figura. 26. Puntos de muestreo.

Fuente: Propia.

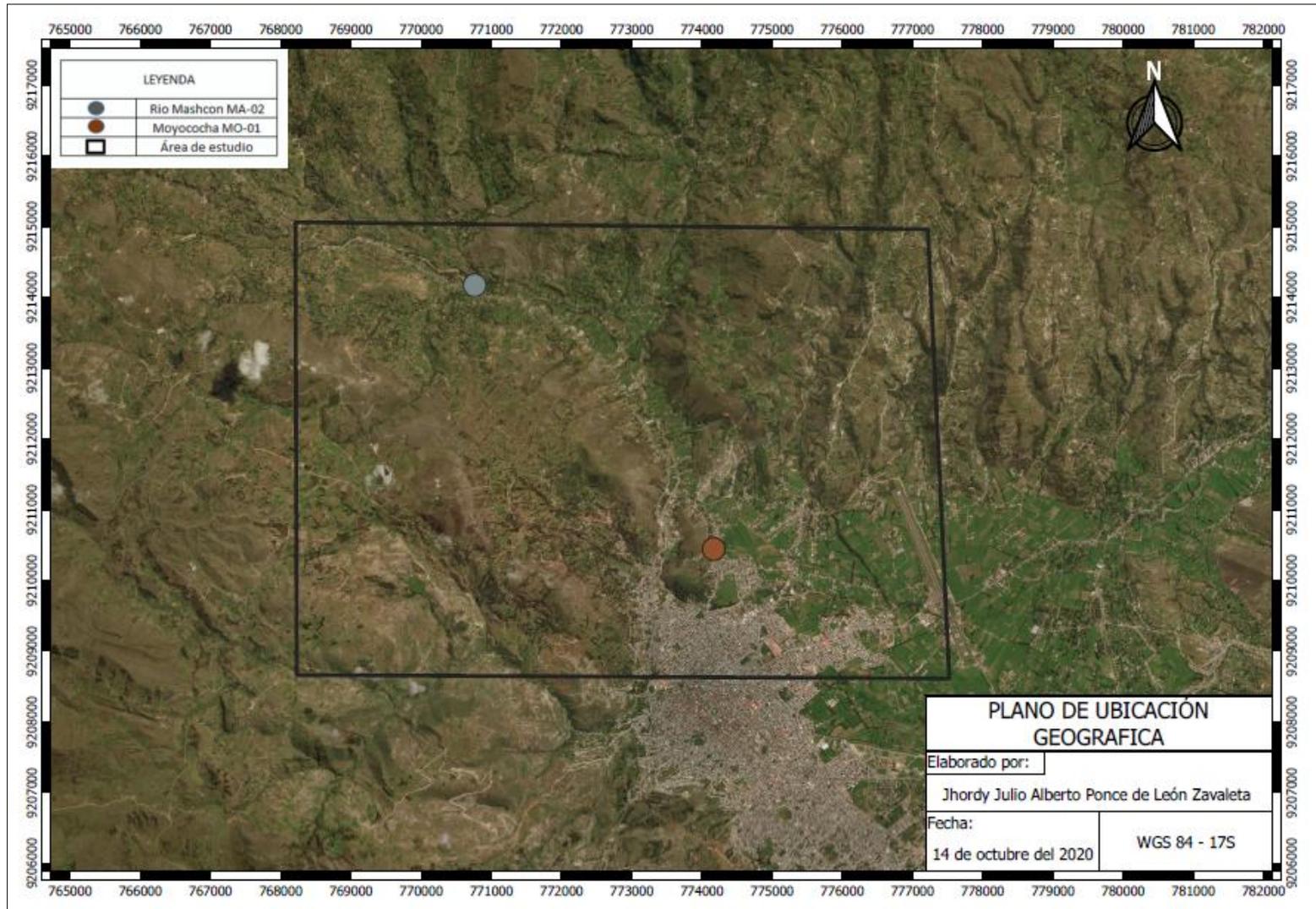


Figura. 27. Ubicación geográfica, área de estudio y puntos de muestreo.
 Fuente: Propia.

IV.I.II. Análisis estructural.

Las estructuras presentes en el valle de Cajamarca son pliegues de edad post-cretácica y numerosas fallas que tienen como dirección principal de rumbo ONO-ESE, entre las estructuras salientes tenemos, pliegues, fallas normales y de cizalla del rumbo anteandino (N-S), las cuales corresponden a los movimientos del ciclo andino, evidenciando deformaciones por discordancias, concretadas en zonas de deformación. Como antecedente nos menciona Peña, F. (----), “Existe una falla de cabalgamiento que va por el valle del río Chonta, con dirección norte, se localiza en las areniscas de la formación Farrat. Esta falla en profundidad, pone en contacto las areniscas cuarzosas Chimu y las areniscas cuarzosas Farrat generando recarga y mayores dimensiones del reservorio acuífero, la misma que incluye también el flanco sur del anticlinal Baños del Inca”. Esto sirve como referencia para la posibilidad de que el río Mashcon sea zona de recarga del manantial ya que nos vamos a la idea de que la falla de cizalla de rumbo N-S que atraviesa el valle de Cajamarca influencia en este proceso a continuación se detalla.

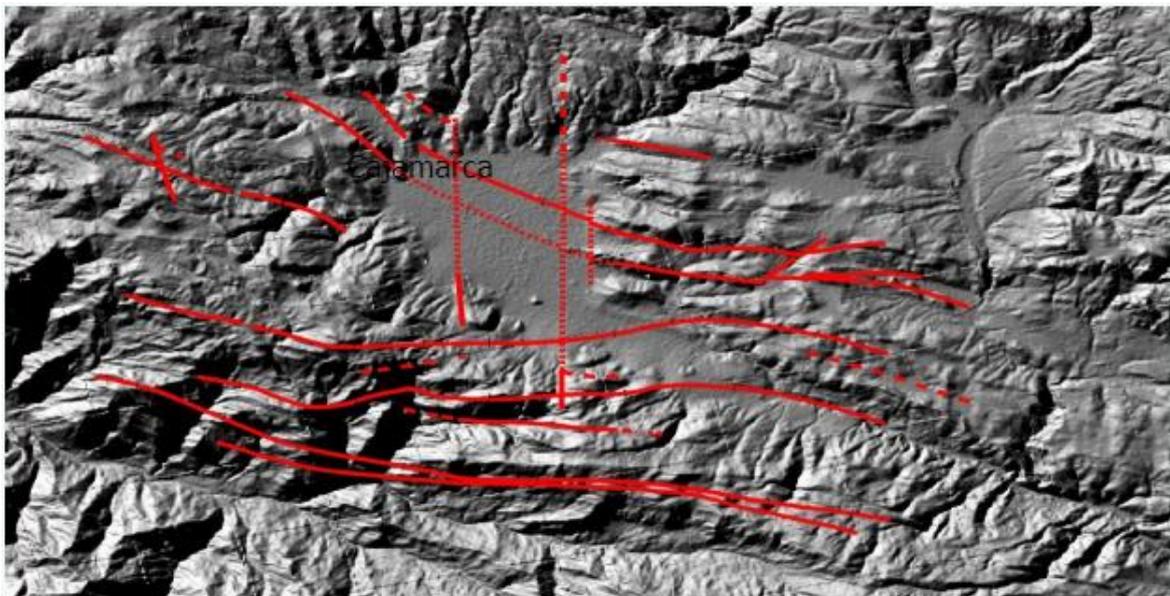


Figura. 28. Modelo mapa Estructural Cajamarca.

Fuente: Peña, F. (----). Modelo Hidrogeológico del funcionamiento de las fuentes termales de baños del Inca, Cajamarca-Perú.

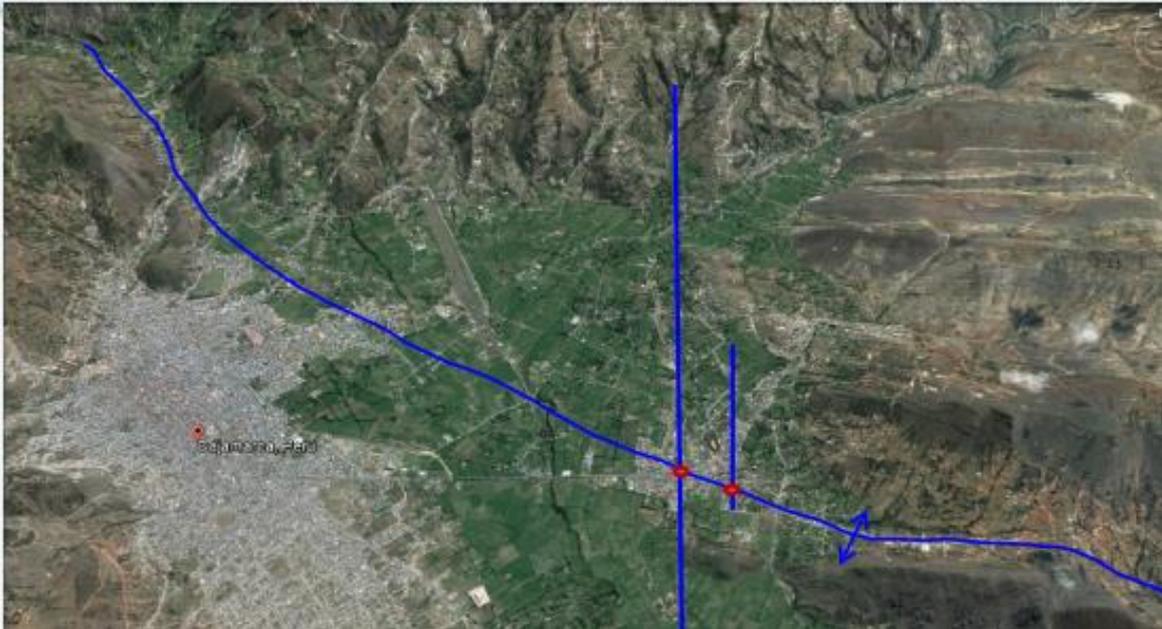


Figura. 29. Falla de cabalgamiento N-S valle de Cajamarca.

Fuente: Peña, F. (-----). Modelo Hidrogeológico del funcionamiento de las fuentes termales de baños del Inca, Cajamarca-Perú.

Los elementos geométricos de la falla no se aprecian debido a la deposición de sedimentos coluviales y fluviales. A partir de este modelo estructural se decidió tomar la segunda muestra MA-02 en el sector de San Antonio proyectando a lo largo de la falla para ver donde era de mayor influencia una posible infiltración de agua por parte del río Mashcon, llegando así hasta el Sector de San Antonio, punto donde dicha discontinuidad está funcionando como posible formador del acuífero y canal de descarga hacia el manantial MO-01, aprovechando la posición, orientación y espaciamiento de las fracturas que ocurren a lo largo de las zonas débiles de la roca como son los planos de debilidad, estratificaciones, foliaciones o juntas. Todas estas condiciones debido a la zona de falla, que le dan mayor heterogeneidad a los macizos rocosos fracturados y hacen que no todas las fracturas conduzcan agua y que el plano de flujo a través de cada una de ellas sea irregular, consecuentemente teniendo escurrimiento de agua superficial en varias zonas del valle de Cajamarca.

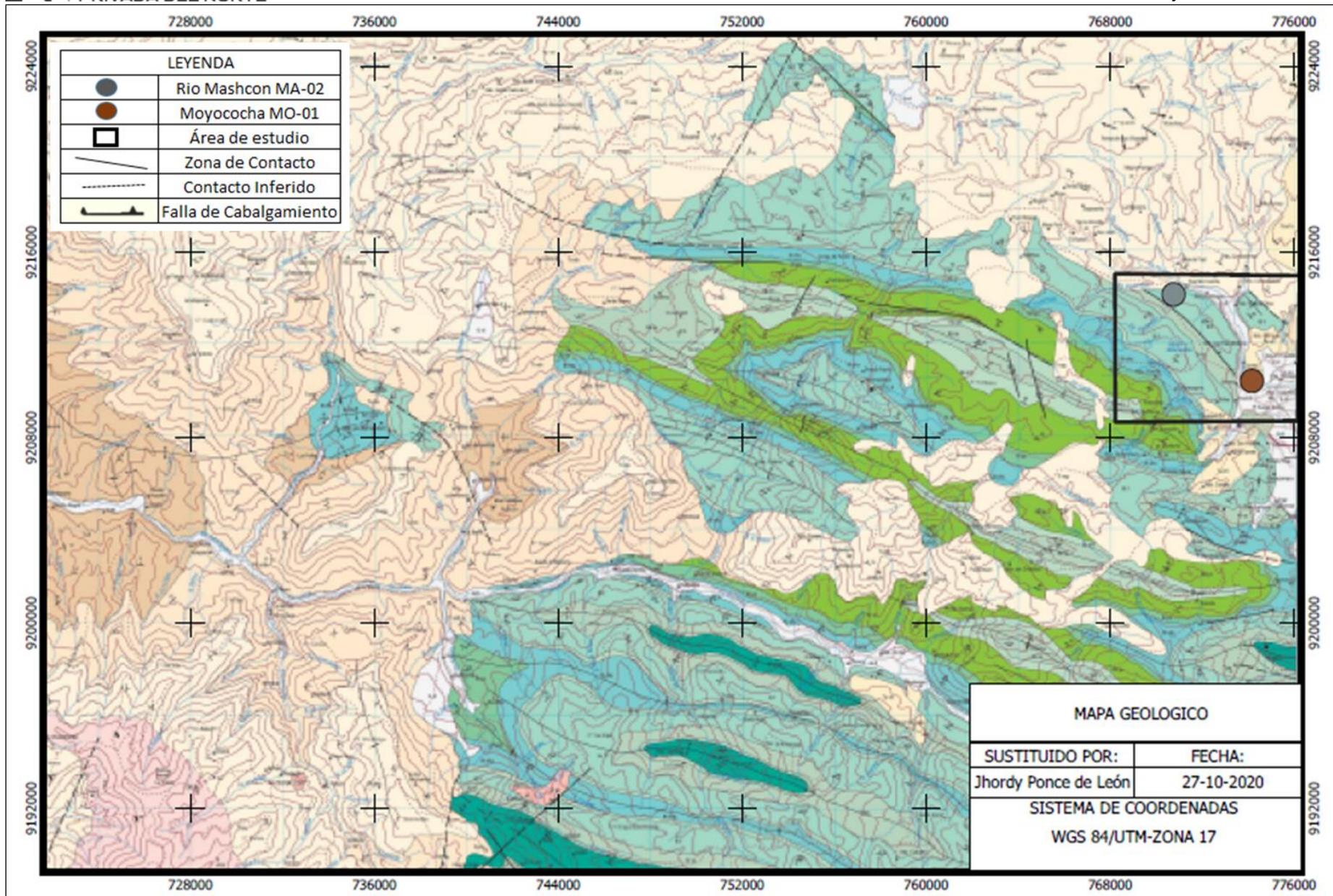


Figura. 30. Mapa Geológico y área de estudio.

Fuente: INGEMMET

El accidente tectónico más importante representado en la zona de estudio, es la falla de cabalgamiento que corta el valle de Cajamarca con dirección N-S, como se aprecia en la fig. (30). Esta falla se emplaza en las areniscas de la fm. Farrat limitando con la formación Carhuaz simulando así una zona de contacto entre ambas formaciones, trayendo como consecuencia un desplazamiento relativo en las rocas con predisposición estratigráfica

inferior (carhuaz), siendo empujadas y colocándose sobre la parte superior de los estratos más recientes (farrat), debido a esfuerzos de compresión, condición que favorece a la formación de capas impermeables de arcillas que sirven como encapsuladoras de infiltración de agua. La profundidad de la falla pone

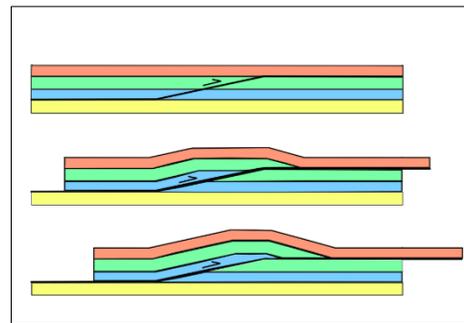


Figura. 31. Falla cabalgamiento.

Fuente:

<https://www.wikiwand.com/es/Cabalgamiento>

en contacto a la fm. Chimú y Farrat. Se formó durante la evolución del ciclo andino desde el campiano hasta el mioceno tardío. En términos generales dicho cabalgamiento superpone materiales del Grp. Goyllarizquisga, prolongándose hasta el flanco sur del anticlinal de Baños del Inca. Cabe resaltar la presencia de más estructuras geológicas como el anticlinal ubicado en la zona NE del manantial Moyococha, en la hacienda Puruay y Chico misma que presenta una zona de contacto entre las formaciones Farrat y volcánico Huambos, zona de interés hidrogeológica para la formación de fuentes hídricas por zona de contacto, el mismo interés presenta el volcánico Huambos, presentando una litología de tobas ácidas y clásticas, así pues constituye una importante área de recarga debido a su morfología y propiedades, llegando posiblemente a mezclar las aguas meteóricas por percolación hasta una red hídrica subterránea. Sin embargo nuestra zona de interés para la posible fuente de recarga es el río Mashcon por factores estructurales ligados a la falla de cabalgamiento y la relación de ensayos físicos que tiene a la zona de descarga. A continuación se detallan secciones.

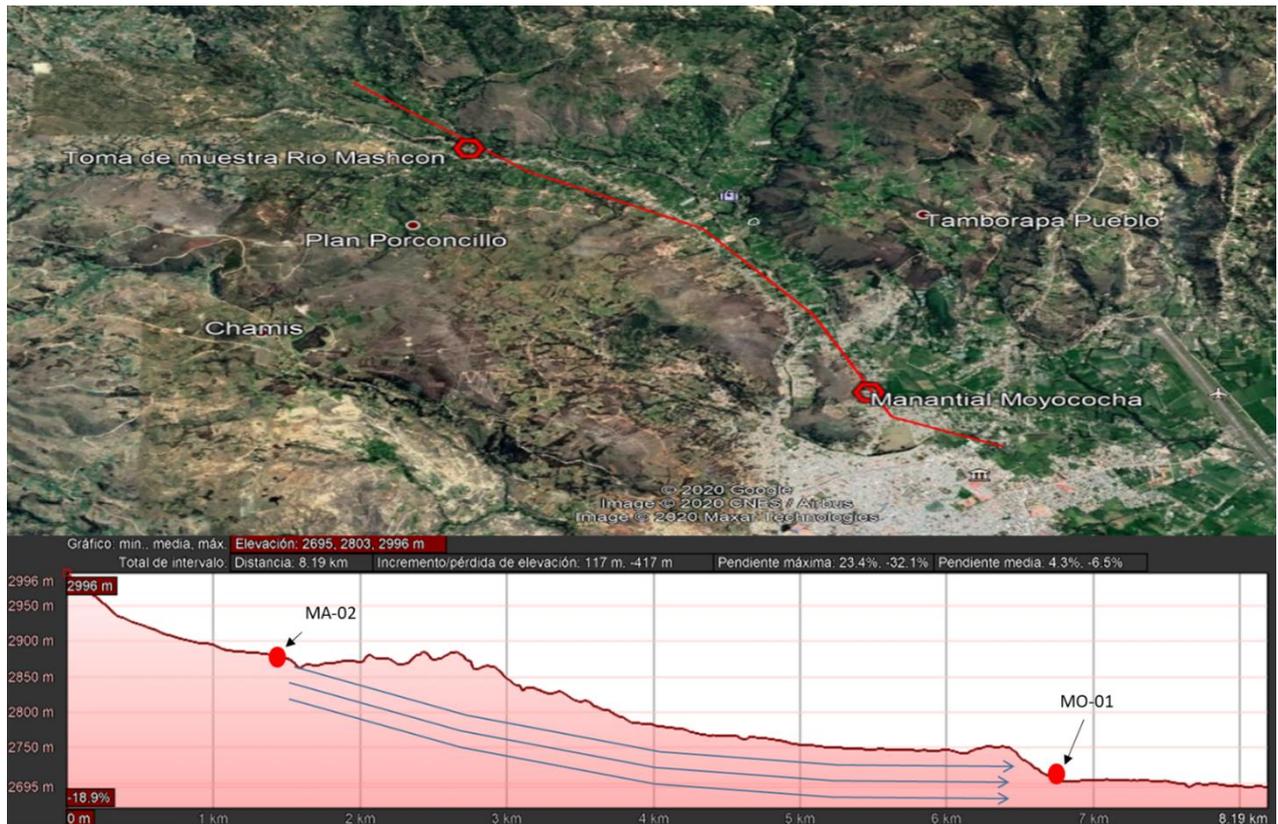


Figura. 31. Sección 1, MA-02 y MO-01

Fuente: Propia.

La sección 1 demuestra el corte longitudinal a lo largo de la falla de cabalgamiento intersectando el punto MO-01, aproximando a la relación que tiene con una posible zona de recarga, parte de esta sobre la formación Carhuaz, Farrat y los depósitos fluviales, la distancia entre ambos puntos de muestro es de 5 km más la profundidad de la falla favorece como zona de recarga para Moyococha. La zona más próxima del Mashcon con el manantial es de 1 Km, como se aprecia en la siguiente sección.



Figura. 32. MA-02, rio Mashcon y MO-01.

Fuente: Propia.

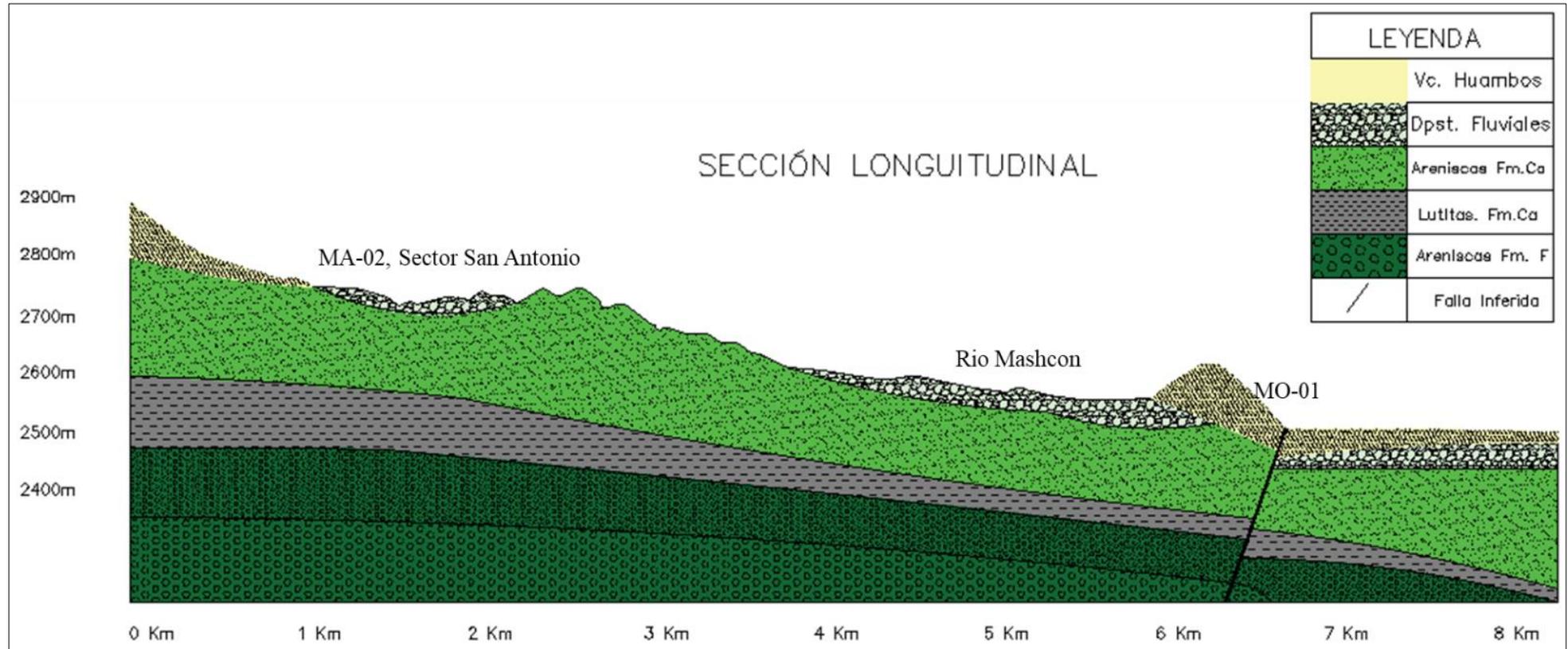


Figura. 33. Sección Longitudinal.
 Fuente: Propia.

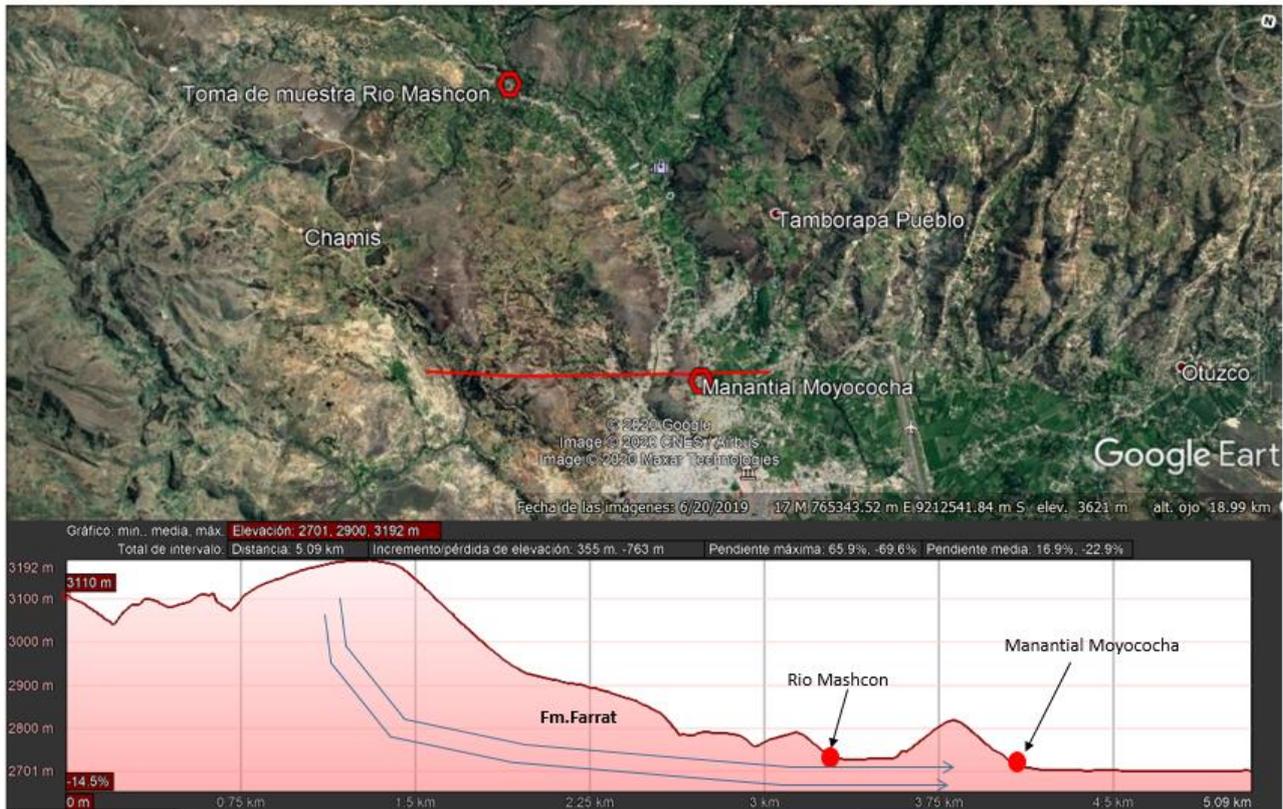


Figura. 34. Sección 2. Corte NO. Manantial Moyococha.
Fuente: Google Earth

La sección dos muestra un corte hacia el NO de la fuente Moyococha, identificando una posible falla inferida, contribuyendo como elemento del modelo hidrogeológico del manantial, incluso posible factor geológico que influye en la dirección del río Maschon.

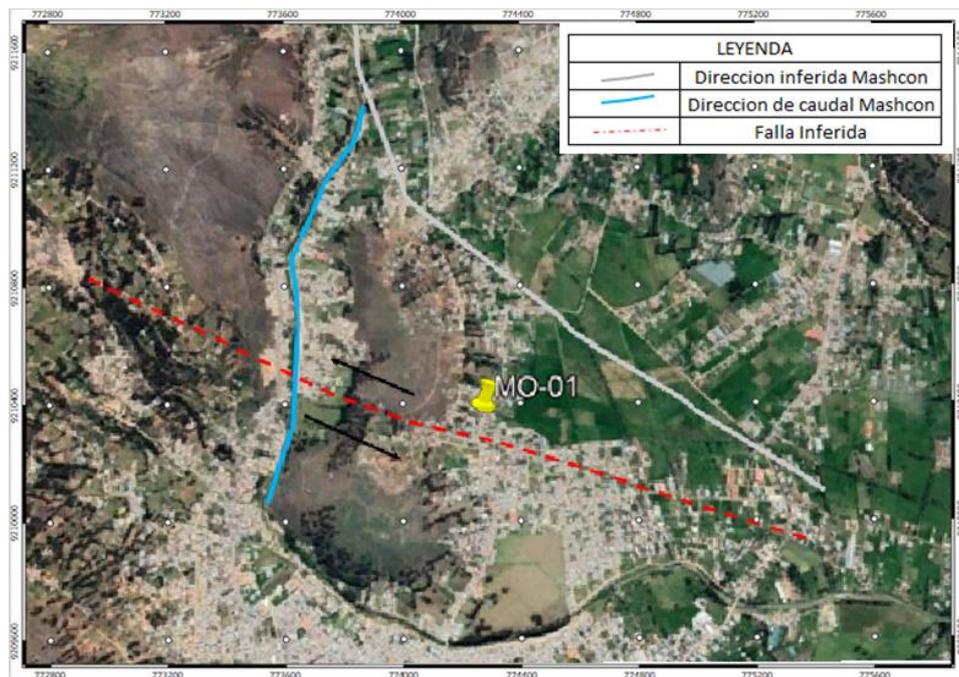


Figura. 35. Falla inferida.
Fuente: Propia.

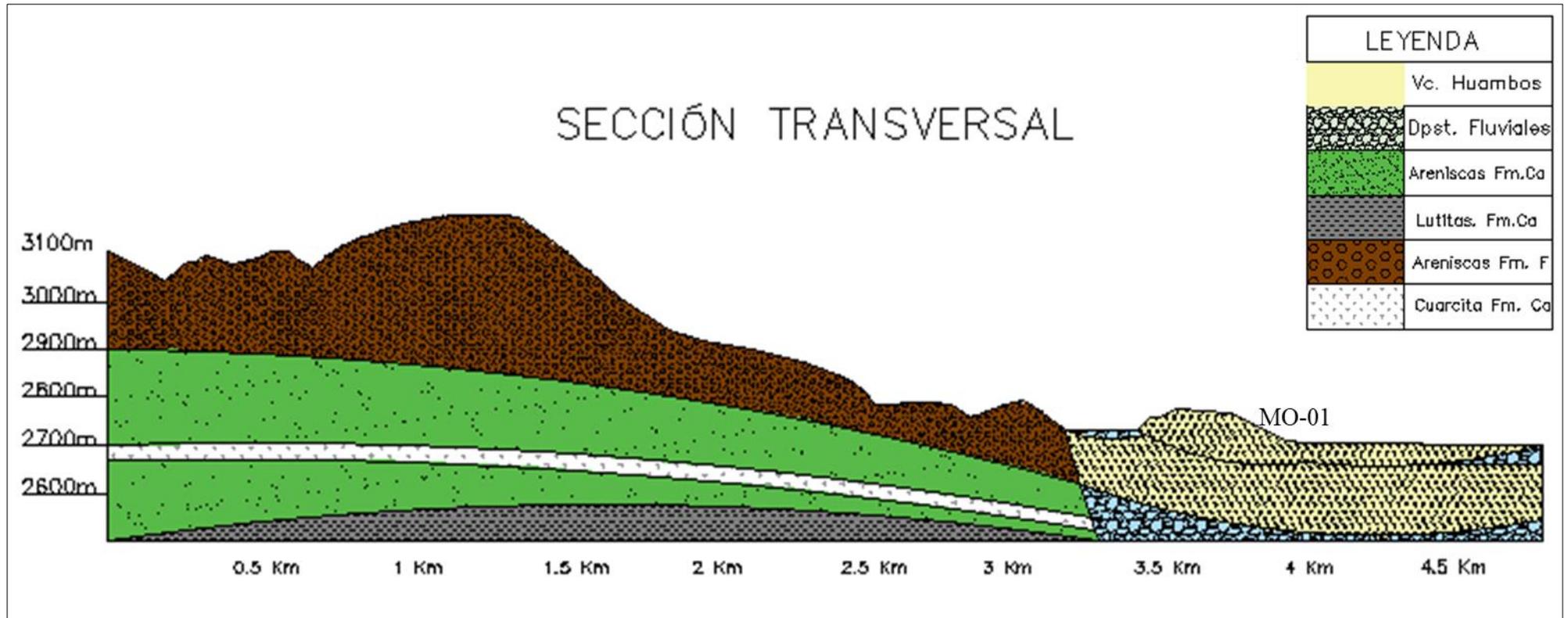


Figura. 36. Sección Transversal.
 Fuente: Propia.

IV.II.III. Elementos del modelo

El modelo se elaboró en base a las secciones presentadas y el comportamiento y propiedades hidrogeológicas de las rocas.

- La formación farrat y carhuaz, con litología muy favorable para la filtración de agua, se tiene como estrato permeable de areniscas, intercaladas con lutitas, arcillas que exponen a la formación de acuícludos y acuitardos formaciones que tienen baja transmisibilidad ya que trabajan o se comportan como un material que encapsula en sus poros el agua e hincha lo que impide que el agua tenga un flujo continuo. La formación Carhuaz con su intercalación de lutitas, funciona como base impermeabilizante. A continuación se detalla las principales formaciones geológicas y su comportamiento.

	Capacidad de almacenar	Capacidad de drenar	Capacidad de transmitir	Formaciones características
ACUÍFEROS	ALTA	ALTA	ALTA	Gravas, arenas, calizas
ACUITARDOS	ALTA	MEDIA/BAJA	BAJA	Limos, arenas limosas y arcillosas
ACUICLUDOS	ALTA	MUY BAJA	NULA	Arcillas
ACUIFUGOS	ALTA	NULA	NULA	Granitos, gneis, mámoles

Figura. 37. Formaciones geológicas y su comportamiento hídrico.

Fuente: Gonzales de Vallejo, 2004.

- Falla de cabalgamiento, control estructural que pone en contacto el estrato impermeable de lutitas y arcillas de la formación Carhuaz con las areniscas de grano medio de la formación farrat, formando una dirección o canal hídrico de escurrimiento que con factores gravitatorios y presión de poros conlleva a una descarga natural de agua en la superficie del suelo.

- Falla inferida, cruza el manantial Moyococha de manera transversal e intersecta a la falla de cabalgamiento, formando el siguiente manantial filoniano cuyas aguas ascienden de zonas profundas a través de la fracturación de las rocas.

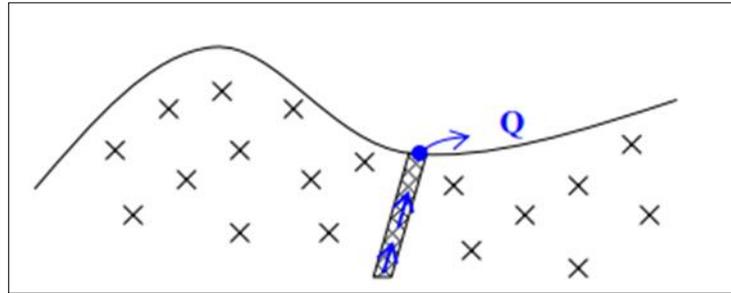


Figura. 38. Manantiales filonianos.

Fuente: Fundación centro internacional de hidrogeología subterránea.

IV.II.IV. Contexto geológico del área de estudio.

La zona de estudio abarca el sector de Santa Bárbara, los tres molinos, chonta, huambocancha alta y Hda. San Luis, los cuales están constituidos por las siguientes unidades estratigráficas, formaciones geológicas.

- **Depósito fluvial**, la zona se encuentra representada por la acumulación de materiales transportados por cursos fluviales, depositados en el fondo y riberas de los ríos, en este caso del Mashcon. Tenemos la presencia de gravas gruesas y finas, limoarcillas y arenas sueltas.
- **Volcánico Huambo**, ubicada próxima a la zona del manantial Moyococha y al NE abarcando Santa bárbara y la hacienda San Luis, en dichos sectores encontramos tobas y brechas de composición acida. La composición mineralógica de las tobas consta de cuarzo y cristales de biotita en una matriz feldespática.



Figura. 39. Toba acida, formación Huambos. Sector Santa Bárbara.

Fuente: Propia.

- **Volcánico San Pablo**, esta formación la encontramos hacia el norte del manantial Moyococha, característica por presentar un relieve de estratos de rocas volcánicas gruesas intercaladas con areniscas ferruginosas, presencia de hierro, esta formación subyace al volcánico Huambos.
- **Gpo. Pullucana**, la encontramos al SO de nuestra zona de estudio donde en litología encontramos calizas grisáceas, margas, lutitas grisáceas y capas de limonitas y areniscas, es la formación que se encuentra más distante del manantial Moyococha, sin embargo se tomó en consideración debido al contacto con la fm.Chulec.
- **Fm. Chulec**, ubicada en casi toda la provincia de Cajamarca, esta formación es característica por presentar una secuencia fosilífera en rocas caliza, lutitas y margas, de color crema amarillenta.
- **Fm. Farrat**, ubicada al NO del manantial y en Cajamarca en casi toda la provincia, tenemos la presencia litológica de areniscas blancas de grano medio a grueso, esta formación tiene un grosor promedio de 500 m.
- **Fm. Carhuaz**, intercalación de areniscas con lutitas grises. Hacia la parte superior contiene bancos de areniscas cuarzosas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas.

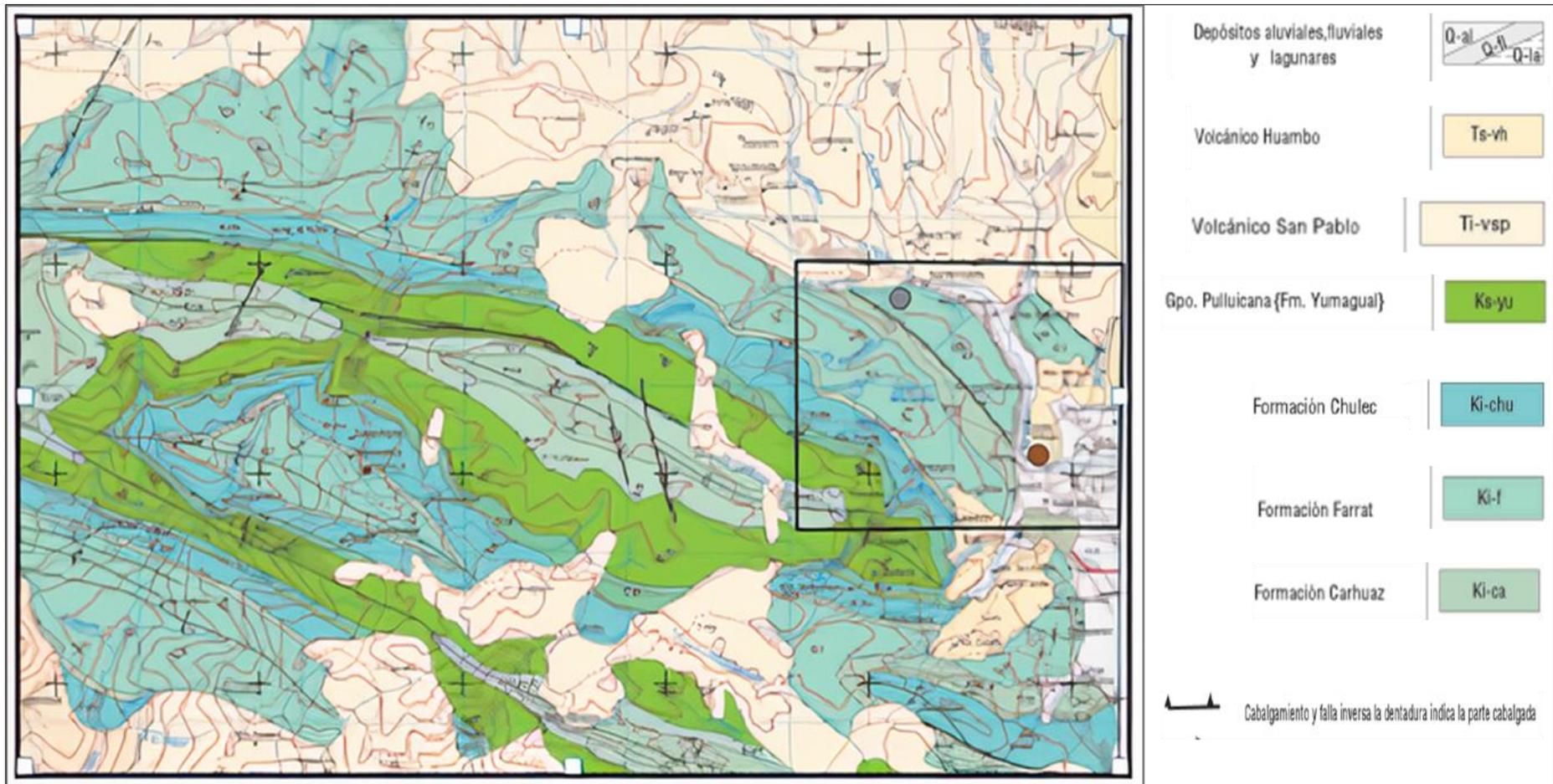


Figura. 40. Formaciones Geológicas.
 Fuente: INGEMMET

V. II. HIDROGEOLOGIA DEL ACUIFERO DE MOYOCOCHA

V.II.I. Comparación cronológica de análisis Físico-Químico.

El tiempo es un factor que entra a tallar al momento de preservar una fuente hídrica ya que destina a formar nuevas condiciones de influencia directa que alteran la composición del agua, como por ejemplo, la polución, sociedad y urbanismo su aumento está ligada al tiempo y pueden alterar la turbidez y el caudal. El aumento poblacional conlleva a una mayor demanda de consumo de agua y a la vez de residuos sólidos que sin un buen manejo y zonificación pueden llegar a alterar una red hídrica, otro factor de cambio de la composición de fuentes hídricas que va de la mano con el tiempo es el suelo ya que actúa como una capa protectora sobre el agua subterránea por medios físicos, químico y biológicos. El clima si lo vemos de una forma ortodoxa por la ciencia mientras más población haya las emisiones de CO₂ son mayores esto por consiguiente trae el fenómeno de lluvias acidas, si una red hídrica presenta un recorrido de rocas con porosidad secundaria y composición silícea, poco nivel de filtración los parámetros químicos con respecto al Ph pueden resultar siendo excesivamente ácidos, la composición de sílice y otros metales disueltos serian parámetros excesivamente altos, esto mesclado con mineral sulfurosos o contaminantes como, Ba, Berilio, Oxido de Mg, Talco, etc., cambiaran de forma radical la composición de la fuente hídrica. A continuación se detalla el análisis físico-químico y metálico realizado al manantial Moyococha, año 1993.

ANALISIS: FISICO-QUIMICO		
Turbiedad	03	UNT
Color	10	U de color.
Olor y Sabor	Amable a los consumidores	-
PH – Temperatura	6.12 – 27 °C	mgr/L
Acidez	-	mgr/L
Alcalinidad	24.5	mgr/L
Calcio (Ca)	23	mgr/L
Dureza Total (Ca Co3)	27	mgr/L
Magnesio (Mg)	04	mgr/L
Dióxido de Carbono (Co2)	-	mgr/L
Oxígeno Disuelto O2	-	mgr/L
Cloruros (Cl)	2.5	mgr/L
Solidos Totales	43	mgr/L
Aluminio (Al)	-	mgr/L
Manganeso (Mn)	-	mgr/L
Hierro (He)	0.09	mgr/L
Cobre (Cu)	0.0	mgr/L
Sulfato (So4)	18	mgr/L
Sulfito (So3)	-	mgr/L
Zinc (Zn)	-	mgr/L
Sodio (Na)	-	mgr/L

Fosfato (Po4)	-	mgr/L
---------------	---	-------

Fuente: Antecedentes brindados por el señor Leonardo Escobar, Jefe del JASS sector Moyococha. Análisis Realizado por Region Nor Oriental del Marañon Sub Región de Salud IV Direccion Salud Ambiental.

Tabla 13. Análisis Metálico. 1993

ANALISIS METALICO		
Arsenio (As)	-	mgr/L
Cadmio (Ca)	-	mgr/L
Cromo (Cr)	-	mgr/L
Cianuro (Cn)	-	
Fluoruro (F)	-	mgr/L
Mercurio (Hg)	-	mgr/L
Nitrato (No3)	0.2	mgr/L
Nitrito (No2)	-	mgr/L
Plomo (Pb)	-	mgr/L
Selenio (Se)	-	mgr/L

Fuente: Antecedentes brindados por el señor Leonardo Escobar, Jefe del JASS sector Moyococha. Análisis Realizado por Region Nor Oriental del Marañon Sub Región de Salud IV Direccion Salud Ambiental.

Como observación del análisis la Dirección de Salud Ambiental, Sub Región de Salud IV, 1993, nos menciona que los resultados obtenidos del análisis se encuentran dentro de los parámetros aprobados por el MINSA-OPS; agua aptas para el consumo Humano.

A continuación se compara los análisis realizados al manantial Moyococha de los años 1193 – 2020.

Tabla 14. Análisis físico químico de muestras años 93-2020.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO					
Manantial Moyococha 1993			Manantial Moyococha 2020		
Turbiedad	03 UNT			165 ppm	Turbiedad
Color	10 U color			-----	-----
Olor/Sabor	Agradable a los consumidores			Agradable a los consumidores	Olor/Sabor
Ph	6.12			7.47	Ph
Acidez	-----			-----	Acidez
Alcalinidad	24.5			-----	Alcalinidad
Calcio (Ca)	23			10.26	Calcio (Ca)
Dureza Total (Ca Co3)	27			-----	Dureza Total (Ca Co3)
Magnesio (Mg)	04			2.673	Magnesio (Mg)
Dióxido de Carbono (CO2)	-----			-----	Dióxido de Carbono (CO2)
Cloruros (Cl)	2.5			2.290	Cloruros (Cl)

Sólidos Totales	43			165	Sólidos Totales
Aluminio (Al)	-			0.035	Aluminio (Al)
Manganeso	-			-	Manganeso
Hierro (Fe)	0.09			--	Hierro (Fe)
Cobre (Cu)	0.0			<LCM	Cobre (Cu)
Sulfato (So ₄)	18			28.82	Sulfato (So ₄)
Sulfito (So ₃)	-			-	Sulfito (So ₃)
Zinc (Zn)	-			<LCM	Zinc (Zn)
Sodio (Na)	-			5.277	Sodio (Na)
Fosfato (Po ₄)	-			<LCM	Fosfato (Po ₄)
Nitrato (No ₃)	0.2			3.153	Nitrato (No ₃)

Fuente: Laboratorio Regional del Agua – Leonardo Escobar.

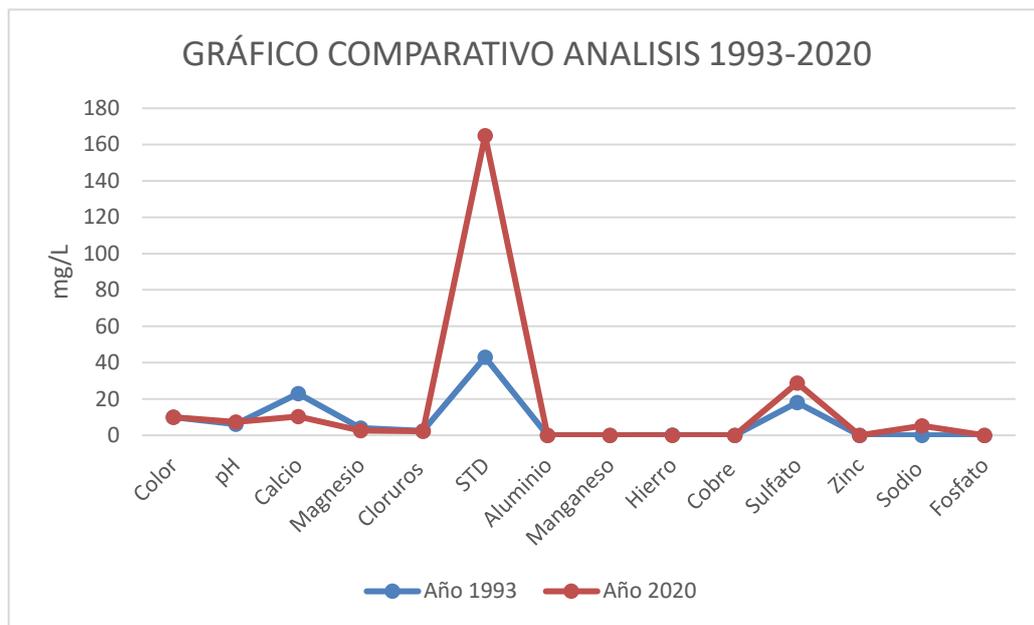


Gráfico. 1. Comparativo Análisis 1993-2020

Fuente: Propia.

El gráfico 1, presenta el resumen de resultados de la comparativa de los análisis realizados en 1993 y 2020, apreciándose fluctuaciones en la continuidad de ambas líneas dado el alto margen de diferencia que presentan parámetros como calcio, total de sólidos disueltos y sulfato. Nos menciona Stanley, (2006), el calcio generalmente es común encontrarlo en concentraciones medias a altas en los sistemas de agua dulce. El calcio es un elemento importante en muchos procesos geoquímicos y los minerales constituyen las fuentes primarias del ión calcio en las aguas. Entre los minerales primarios que contribuyen a este elemento está el yeso, ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); la anhidrita, CaO_4 ; la dolomita, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, la calcita, el aragonito y la lutita de composición muy variada que son diferentes formas minerales del CaCO_3 . Todo lo mencionado relacionado a las formaciones geológicas donde discurre el agua hasta llegar a superficie, el mismo caso para los sulfuros. Con respecto a los STD pueden originarse a partir de varias factores que pueden ser naturales o por actividad humana, naturalmente relacionadas al recorrido del agua donde la litología presenta un alto

contenido de sal, hierro, sulfatos, calcio o magnesio, mientras que por actividad

humana la escorrentía agrícola y urbana pueden transportar minerales e infiltrar a las fuentes, al igual que descargas de aguas residuales en las zonas de recarga del manantial.

IV.II.II. Inventario descriptivo de tomas de muestra.

Las siguientes tablas se trabajaron con el propósito de ordenar y manejar una mejor información de los puntos de toma de muestras, teniendo en cuenta los puntos más resaltantes de cada zona como son: accesibilidad, coordenadas, ubicación, hora de muestreo, etc. Esto aportara a ordenar datos puntuales para la investigación y a la mejor comprensión del lector, las fichas de inventario tienen como código la misma rotulación que las etiquetas de los frascos de muestreo, con ello pretendemos manejar de manera más óptima información básica de las zonas de muestreo.

Tabla 15. Ficha de inventario MO-01.

FICHA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA			CÓDIGO	MO-01
ZONA/CACERIO	Caserío Moyococha	RESPONSABLE	Jhordy Julio Alberto Ponce	
PROVINCIA	Cajamarca	ZONA/SISTEMA	WGS 84 17S	
Tno. MUNICIPAL	Baños del Inca	COORDENADAS	E	774168
TOPONIMIA	Cashamarca		N	9210445
PARAJE	Cajamarca	COTA DEL SUELO		2718 m.s.n.m
SISTEMA ACUÍFERO	Infiltración natural			
PROPIETARIO TERRENO	Jorge Colina Santisteban			
PROPIETARIO MANANTIAL	Juntas Administrativos de servicios y saneamientos (JASS)			
TIPO DE FUENTE	USO DEL AGUA	FECHA		
Acuífero libre	Uso potable	14 de Agosto del 2020		
ACCESIBILIDAD	Coordinación previa.	Observación; la coordinación para proceder con los permisos necesarios procedieron con el jefe del JASS del sector, el señor Leonardo Escobar.		
REGIMEN DE FLUJO	Laminar			
HORARIO	12:30 PM			

Fuente: Propia.

Tabla 16. Ficha de Inventario MA-02

FICHA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA			CÓDIGO	MA-02
ZONA/CACE RIO	Caserío San Antonio	RESPONSABLE	Jhordy Julio Alberto Ponce	
PROVINCIA	Cajamarca	ZONA/SISTEMA	WGS 84 17S	
Tno. MUNICIPAL	Municipalidad C.P Huambocancha Alta	COORDENADAS	E	770763
TOPONIMIA	Cashamarca		N	9214174
PARAJE	Huambocancha Alta.	COTA DEL SUELO		2877 m.s.n.m
Tipo de fuente	Superficial – Rio Mashcon			
RESPONSABLES	Pobladores del caserío San Antonio.			
TIPO DE FUENTE	USO DEL AGUA	FECHA		
Acuífero libre	Uso para consumo humano	14 de Agosto del 2020		
ACCESIBILIDAD	Sin previa coordinación	Observación; el área seleccionada para la toma de muestra se realizó correlacionando estudios pre eliminares y geológicos que respalden teorías de filtración de aguas por medios geoestructurales.		
REGIMEN DE FLUJO	Laminar			
HORARIO	03:30 PM			

Fuente: Propia.

IV.II.III. Hidrogeoquímica y parámetros no específicos.

Los resultados demuestran los parámetros químicos, físicos y microbiológicos que se realizaron en la fuente manantial Moyococha y su posible recarga. Conocer su análisis es de vital importancia para dar una caracterización hidrogeológica del tipo de agua y de calidad que se presenta in situ sujeta a factores geológicos y socio ambientales, esto permitirá dar un buen uso a la fuente hídrica, aportar con el conocimiento de la población aledaña al manantial y nos ayudara a responder las variables de investigación. “ Al hablar de agua sea para su vertido, tratamiento de depuración, potabilización o cualquier otro uso, es imprescindible determinar una serie de parámetros físico-químicos mediante métodos normalizados, con objeto de conocer si el valor de estos parámetros se encuentra dentro del intervalo que marca la legislación vigente” (Aznar, 2000).



Figura. 41. Muestras para análisis hidrogeoquímico y demás parámetros.

Fuente: Propia.

El análisis de laboratorio nos muestra datación de los metales disueltos, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, algunos de ellos potencialmente peligrosos para consumo humano, como el litio, mercurio, plomo, antimonio, vanadio, etc. derivados a recorridos hídricos de rocas de composición mineralógica variada como también zonas de botaderos mal elaborados y zonificados que por infiltración hacia el subsuelo pueden contaminar redes hídricas, como consecuencia de ello también podemos tener un elevado resultado de coliformes termotolerantes, cambiando por completo la caracterización de la fuente, se trató de analizar y tomar la muestra exhaustiva y cuidadosamente siguiendo el procedimiento antes mencionado con la intención de no alterar la composición del objeto muestreado y obtener datos erróneos o índices elevados que no ayuden ni mantengan una relación con la investigación, a continuación se presenta el informe de ensayo N° IE0920355.

Tabla 17. Ensayo Químico muestras.

ENSAYO QUÍMICO				
	PARAMETROS DE METALES DISUELTOS			
Parámetros	Unidad	LCM	MO-01	MA-02
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	0.035	<LCM
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM
Boro (B)	mg/L	0.026	<LCM	<LCM
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.030	0.044
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	10.26	50.97
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	<LCM	<LCM
Potasio (K)	mg/L	0.051	3.767	2.929
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.017	<LCM
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	2.673	8.188
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	mg/L	0.026	5.277	16.07
Níquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM
Fósforo (P)	mg/L	0.024	0.078	0.120

Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM
Azufre (S)	mg/L	0.091	12.13	56.07
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	mg/L	0.104	10.17	12.92
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.093	0.459
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM
Cerio	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM	<LCM

Fuente: Propia.

Los resultados demuestran que en la mayoría de metales los valores son mínimos “LCM”, límite de cuantificación del método. Excepto Ca, K, Mg, S, Si.

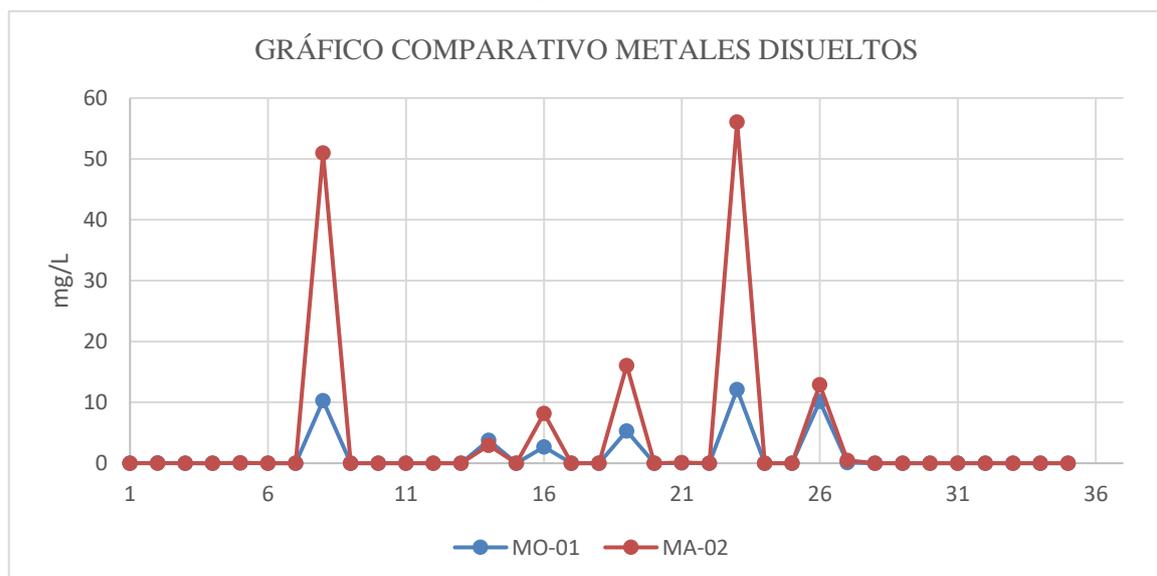


Grafico. 2. Grafico comparativo metales disueltos. MO-01 vs MA-02

Fuente: Propia.

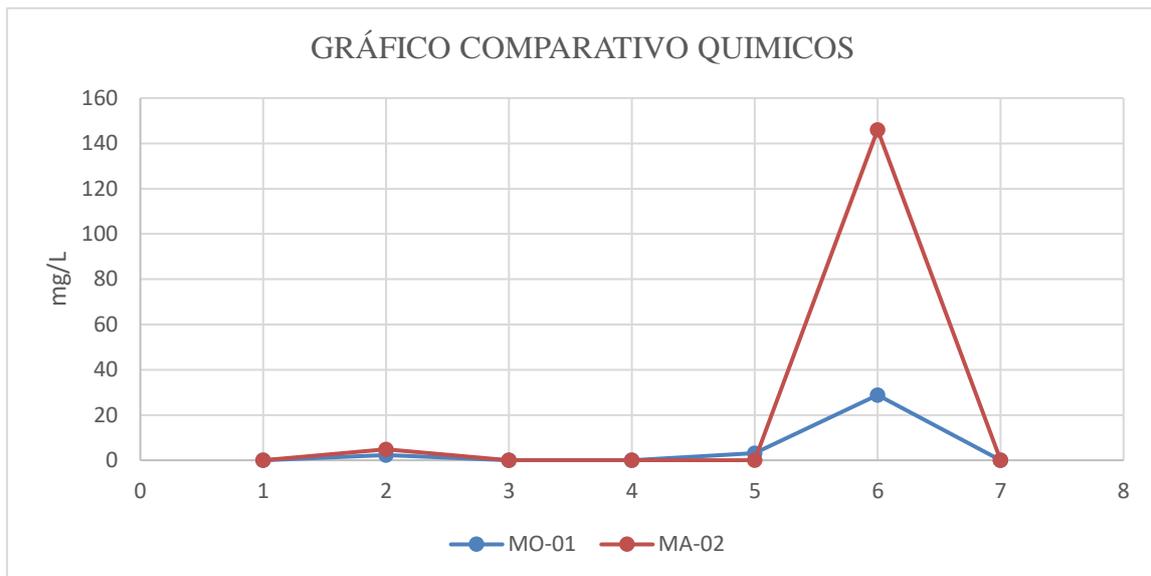


Grafico. 3. Grafico Comparativo parámetros Químicos. MO-01 vs MA-02

Fuente: Propia.

El sulfato como se puede apreciar en el grafico tiende a variar mucho entre las dos tomas de muestra, MO-01 (28,82 mg/L)-MA-02 (146 mg/L). Los resultados del análisis nos dan a entender que las aguas muestreadas están sujetas a suelos y/o rocas que contienen minerales de sulfato que en contacto con el agua que se mueven a través de las rocas provocan que se disuelvan y posteriormente se incluya en su composición química, posiblemente relacionado a la presencia de yeso un sulfato de calcio (CaSO_4).

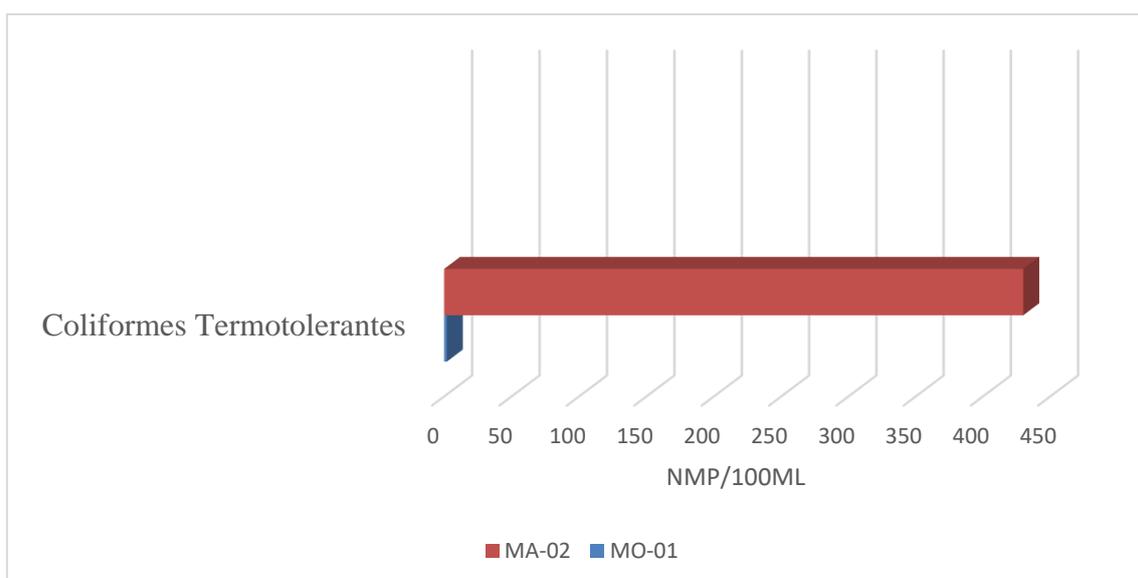


Grafico. 4. Grafico coliformes termotolerantes. MA-02 vs MO-01

Fuente: Propia.

El valor de coliformes termotolerantes para MA-02 es mucho mayor que MO-01, debido a que el primer punto de muestreo mencionado representa agua superficial que está más expuesta a contaminantes exógenos posiblemente por vertido de aguas residuales directamente al río, este factor discrepa con el del manantial sin embargo debemos aclarar que por su recorrido, profundidad y litología, estos contaminantes pueden filtrar, llegando de esta manera con un menor valor de este parámetro hasta su desfogue superficial. “Las bacterias coliformes son mucho más comunes en manantiales y pozos poco profundos en comparación con pozos más profundos porque las bacterias son filtradas naturalmente por el suelo y la roca a medida que el agua superficial se infiltra en el suelo”. (The Pennsylvania State University, 2020).

La identificación y cuantificación de todas las cualidades fisicoquímicas potencialmente las que influyen en el agua demandan tiempo y los costos son elevados, por otro lado los análisis físico-químicos básicos pueden ser una forma práctica y sencilla de obtener datos directos en campo de factores relevantes que presenta una fuente hídrica. Para ello como se mencionó en el capítulo anterior se usó herramientas especiales para la datación de los parámetros de Ph, temperatura, conductividad eléctrica y turbidez. El Ph representa la cantidad o concentración de iones hidrógenos en el agua, este factor es de vital importancia para dar una clasificación a la solución, los rangos de medición van de 0 a 14, bajo 7 el agua es considerada ácida y sobre 7 alcalina, neutra es considerada cuando el valor es igual a 7. La turbidez del agua se debe a la presencia de sólidos en suspensión que reducen su propiedad de transparencia los desechos domésticos e industriales pueden ser claro ejemplo, esto también puede ser producido por el ecosistema que habita en las fuentes hídricas como algas, plancton y materiales como el hierro, manganeso y arena producto natural del desgaste o erosión. La temperatura en aspectos geológicos es un factor que principalmente va ligado al

recorrido que hace una red hídrica hasta presentarse en la superficie, sin embargo; en el Manual Práctico de Análisis de Agua, 2013; nos mencionan que “La temperatura tiene que ver con el aumento del consumo de agua, con la fluorización, con la solubilidad e ionización de las sustancias coagulantes, con el cambio del pH, con la desinfección, etc”: La conductividad eléctrica es la medida que se usa para calificar la capacidad de conducir la corriente eléctrica, relacionada con la concentración de iones en el agua, así como la temperatura en la que se encuentra el medio líquido. Se trató de tomar dos veces las muestras en diferentes días para comprobar la precisión del instrumentó de medición.

Tabla 18. Análisis fisicoquímico básico.

Manantial Moyococha – Día 1		Rio Mashcon – Día 1
Ph (Iones Hidronio)	7.42	7.51
Temperatura	16.35° C	16° C
Conductividad	331	468
Eléctrica		
STD (ppm)	165	216
Manantial Moyococha – Día 2		Rio Mashcon – Día 2
Ph (Iones Hidrino)	7.40	7.53
Temperatura	16.32° C	16.4° C
Conductividad	331	470
Eléctrica		
STD (ppm)	165	216

Fuente: Propia.

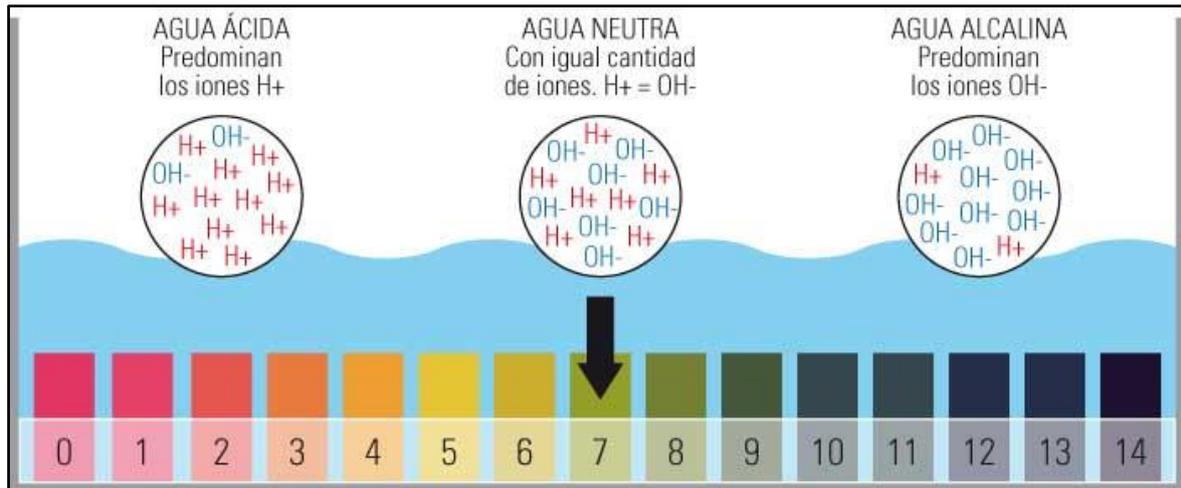


Figura. 42. Escala pH.

Fuente: <https://aguapuraysana.com/ph-del-agua-destilada-acido-basico/>

Como se puede apreciar en el grafico anterior el rango de medición de pH va de 0 a 14 con esta figura podemos realizar una comparativa del tipo de pH datado en campo.

Tabla 19. Tipo de pH.

MO-01		Resultado
pH	7.41	Alcalina >7
MA-02		Resultado
pH	7.52	Alcalina > 7

Fuente: Propia.

El agua presente en campo y estudiada según el pH es un agua Alcalina ya que pasa el rango numérico de 7, esto nos puede dar un alcance de la situación en la que se presenta la fuente de Moyococha, ya que este factor o parámetro nos da a entender que en la zona de recarga del manantial o recorrido hídrico no hay metales que vuelvan corrosivas estas agua o hay la presencia de carbonatos que lo impidan como nos explica, “ Todo metal es normalmente corroído por el agua, conjuntamente una costra carbonatada protectora, la corrosión disminuye de intensidad a medida que se forma esta contra, la cual puede producirse en el

transcurso de un mes a un año. Para que un agua no sea corrosiva, necesita que la velocidad de formación de la corteza protectora sea más elevada que la velocidad de corrosión. La corrosión depende del pH de agua que está así mismo ligada al contenido de gas carbónico disuelto, es decir, en definitiva a la concentración de ácido carbónico libre. Para una concentración dada de bicarbonato de calcio corresponde una dosis bien determinada de gas carbónico. Si esta dosis es rebasada, la capa protectora no se puede depositar y al agua es corrosiva. Si no es alcanzada, el carbonato de calcio precipita y el agua es incrustante.” (Pimienta, J. 1980). El valor del pH varía en función de la temperatura, la dureza, la alcalinidad y los sólidos totales disueltos.

Obtenidos los resultados se puede dar un alcance de la clasificación del tipo de agua que se tiene, esto basado en Langelier- Ludwig y según como el clasifica las aguas de acuerdo a sus características físico-químicas de las aguas, se pueden diferenciar cinco tipos. A continuación se detalla.

- Aguas tipo 1: Agua de mar y aguas marinas calientes, son aguas tipo cloruradas sódicas, con una relación Cl/Br entre 750 y 1.045, temperatura entre 34,2, elevada concentración de boro (3,7 a 14,8 mg/l).
- Agua tipo 2: Aguas de transición, están situadas cerca de la costa. Son cloruradas sódicas con concentraciones de HCO_3 que superan los 1.000 mg/l. La relación Cl/Br es del orden 700, y la concentración de boro esta en torno a 3,3 mg/l.
- Agua tipo 3: Aguas frías carbonatadas, son aguas bicarbonatadas sódicas, con concentraciones de bicarbonatos entre 1.100 y 1900 mg/l, boro entre 0,5 y 2,5 mg/l y temperaturas comprendidas entre los 33°C. La relación Cl/Na es muy inferior a la del agua de mar y la relación Cl/Br esta ente 340 y 470. Esas aguas se pueden relacionar con flujos profundos, en los que los procesos de interacción agua-roca pueden ser intensos y en los pudiera existir cierta mezcla con agua de mar.

- Agua tipo 4: Aguas tipo frías carbonatadas, la temperatura está comprendida entre 24 y 30°C y los bicarbonatos entre 540 y 920 mg/l. La concentración de boro es baja (0,5 mg/l) y la relación con aguas marinas puede ser totalmente descartada.
- Agua tipo 5: Aguas frías, esta representa al agua meteórica de reciente infiltración y no sujeta a procesos termales, temperatura entre los 19,3°C, es bicarbonatada cálcica y la concentración de boro es de 0,06 mg/l.

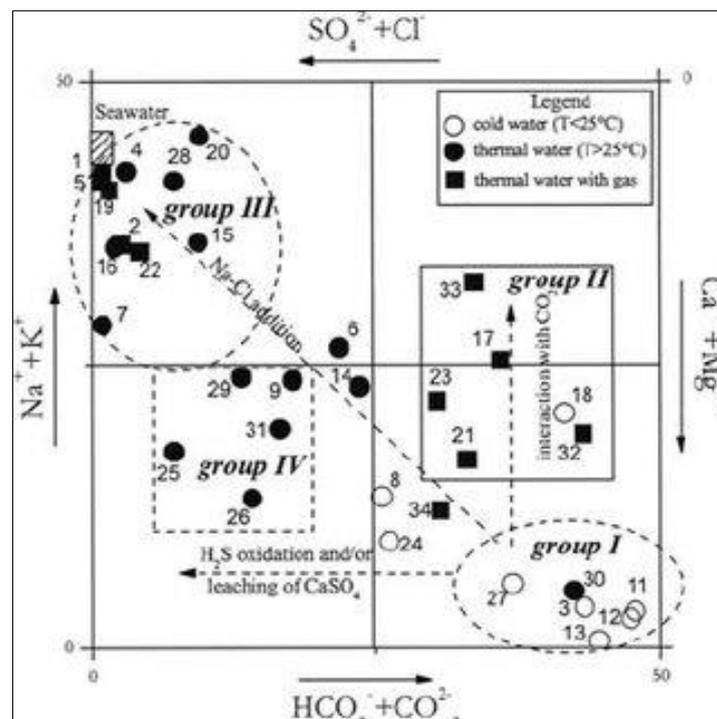


Figura. 43. Diagrama de Langelier - Ludwig.

Fuente: Langelier – Ludwig (Langelier & Ludwig 1942) diagram for the water samples from Morocco.

Langelier – Ludwig nos muestran una clasificación de agua basado en parámetros puntuales, como son la concentración – relación de Cl y Br, temperatura y bicarbonato cálcico, si al parecer es muy generalizada su forma de clasificación según los resultados obtenidos en campo y laboratorio podríamos clasificar el agua como una de tipo 5 basándonos en la temperatura, la filtración y el componente cálcico. Si realizamos un método de descarte los tipos de agua 1,2 y 3 serían descartados por su índice de temperatura cloro y boro, la ubicación es otro factor por el cual vendrían a ser excluidas ya que están cerca a límites litorales o cerca

a estos donde el sodio es un parámetro de medio a alto trayendo como consecuencia una mayor conductividad eléctrica, STD y más variables fisicoquímicos en el agua. Como nos menciona lo siguiente; “Los sólidos se encuentran en la naturaleza en forma disuelta. Las sales disueltas en agua se descomponen en iones cargados positivamente y negativamente. La conductividad se define como la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos. Los iones positivos son sodio (Na⁺), Calcio (Ca⁺²), Potasio (K⁺) y Magnesio (Mg⁺²). Los iones negativos son cloruro (Cl⁻), sulfato (So⁴⁻²), Carbonato. Los nitratos y fosfatos no contribuyen de forma apreciable a la conductividad aunque son muy importantes biológicamente.”(Folleto Informativo Conductividad Eléctrica, ----).

En cuanto a la conductividad eléctrica nos podemos referenciar de los siguientes gráficos para poder dar una clasificación mediante este parámetro.

Pure Water	0.05 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Demineralized Water	0.1 to 1.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Distilled Water	1 to 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Tap Water	100 to 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Polluted Water	1000 to 10,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Sea Water	30,000 to 50,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
5% Sodium Chloride Solution	70,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
10% Sulphuric Acid Solution	140,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Figura. 44. Rangos de conductividad eléctrica en soluciones.

Fuente: Hach Company, 2017 recuperado de https://latam.hach.com/cms-portals/hach_mx/cms/documents/Que-s-la-conductividad-Final.pdf

La comparativa de estudio demuestra que nuestros niveles de conductividad eléctrica están en Tap Water o agua potable, ya que los resultados en campo son:

Tabla 20. Conductividad eléctrica en campo.

MO-01	MA-02
331 $\mu\text{S} / \text{cm}$	468 $\mu\text{S} / \text{cm}$

Fuente: Propia.

Estos valores están dentro del rango de Tap Water que va desde 100 a 1000 $\mu\text{S} / \text{cm}$.

Los sólidos totales disueltos es la cantidad de sólidos disueltos en una muestra de agua, se mide comúnmente con un analizador de conductividad, sin embargo esta medida es solo una aproximación, ya que se basa en un factor de multiplicación de 0,4 a 0,75 veces el valor de conductividad cruda. Esta variación se debe al tipo de los sólidos disueltos en la muestra. Dicho de otra manera los STD es la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua, incluyendo cualquier otro elemento presente en el agua. A continuación se presenta una escala grafica en unidades de parte por millón sobre la turbidez que presenta el agua.

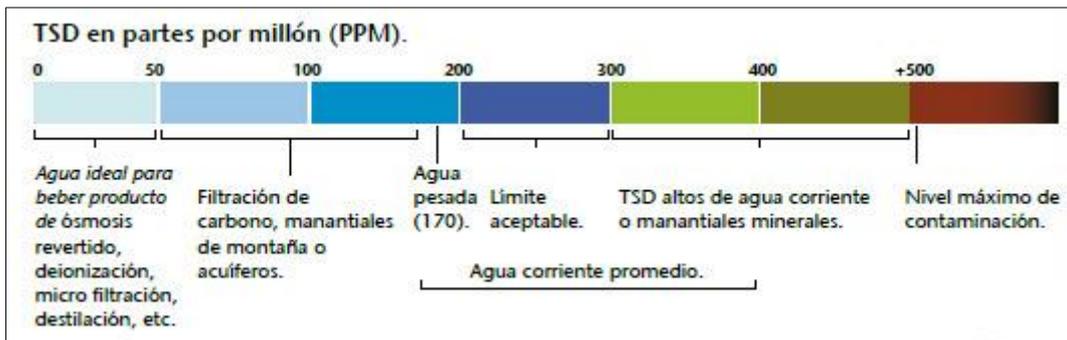


Figura. 45. Escala grafica TDS.

Fuente: Sahuaya, A. (2016). Comparativo de TDS.

La comparativa demuestra lo siguiente:

Tabla 21. Resultados Sólidos totales disueltos, MO-01 y MA-02.

MO-01	MA-02
165 PPM	216 PPM

Fuente: Propia.

La diferencia de los sólidos totales disueltos de ambas muestras lo rige el límite aceptable para consumo humano, considerando que el agua muestreada en el sector de San Antonio Rio Mashcon vendría hacer clasificada como agua pesada ya que está por sobre los 170 ppm pasando el límite aceptable para consumo humano, mientras que la del manantial cubre un

margen mínimo y está dentro del rango del límite aceptable y se considera como filtración de carbono, manantiales de montaña o acuíferos.

IV.II.IV. Clasificación de agua según se dureza

La dureza del agua se define como la concentración de compuestos minerales de magnesio y calcio que hay en una determinada cantidad de agua, comparando el resultado con la clasificación de las aguas por la dureza total según Aliókin, podemos decir que el manantial Moyococha presenta aguas muy blandas ya que la concentración de magnesio y calcio tiene un valor de 12.933 mg/L, por otro lado los valores de magnesio y calcio del río Mashcon presentan una mayor tendencia numérica de Ca y Mg por lo que su valor es de 60 mg/L por lo que se clasificaría como agua blanda.

Tabla 22. Clasificación de agua por dureza según Aliókin.

Dureza del agua mg/l	Denominación de las aguas	Muestras
≤ 17	Aguas muy blandas	MO-01 = 12.933 mg/L
≤ 60	Aguas blandas	MA-02 = 60 mg/L
≤ 120	Aguas algo duras	
≤ 180	Aguas duras	
> 180	Aguas muy duras	

Fuente: Fernández, (2020). Hidrogeología aplicada con aspectos ambientales.

Tanto las aguas duras como las aguas blandas tienen sus ventajas y desventajas sobretodo en temas de salud, sin embargo no se considera de ningún riesgo el grado de dureza del agua sanitariamente, los iones de calcio y magnesio son esenciales para la salud, y el agua puede suponer una aportación significativa de estas necesidades nutricionales. (Aigues de Mataró, 2015). La dureza dependerá del origen o recorrido de la fuente con las formaciones rocosas

y mineralógicas de características calcáreas y magnésicas, por ejemplo calcita, areniscas, caliza, aragonito, dolomita, calcita dolomítica, azurita, malaquita, magnesita, etc.

IV.II.V. Análisis con Software EASY_QUIM.

Este programa está configurado para contribuir con un análisis cuantitativo de parámetros químicos y su posterior representación en diagramas, está diseñado para clasificar, analizar cálculos, interpretaciones mediante visualizaciones de diagramas como mencionamos anteriormente de datos hidroquímicos. Los principales cálculos que se realiza son la conversión de unidades, errores de balance o relaciones iónicas, a través de esto el programa traza diagramas los cuales son: Piper, Schoeller, Berkaloff, SAR (Salinidad) y Stiff.

Resultados Análisis 1993.

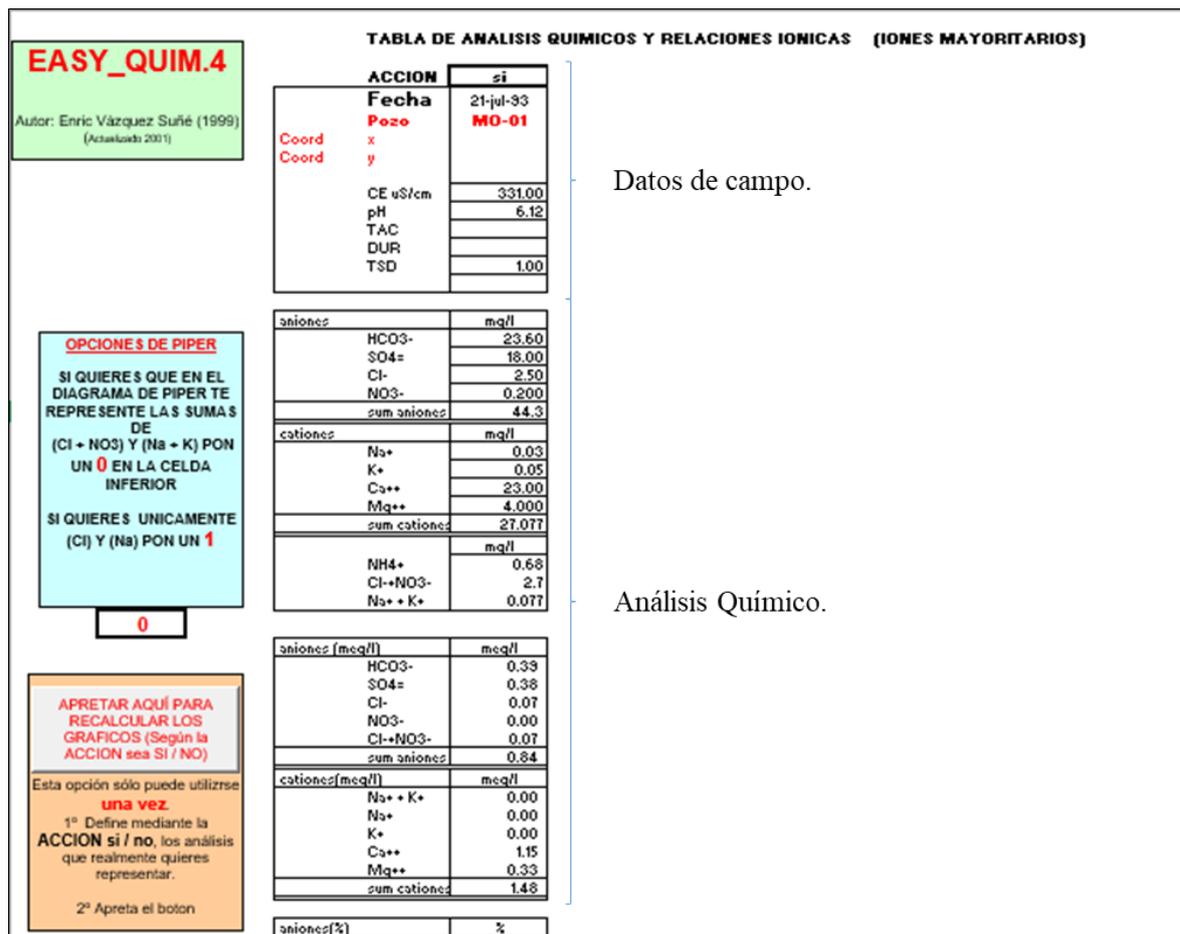


Figura. 46. Análisis Easy_Quim.4 1993

Fuente: EASY_QUIM.4 Software

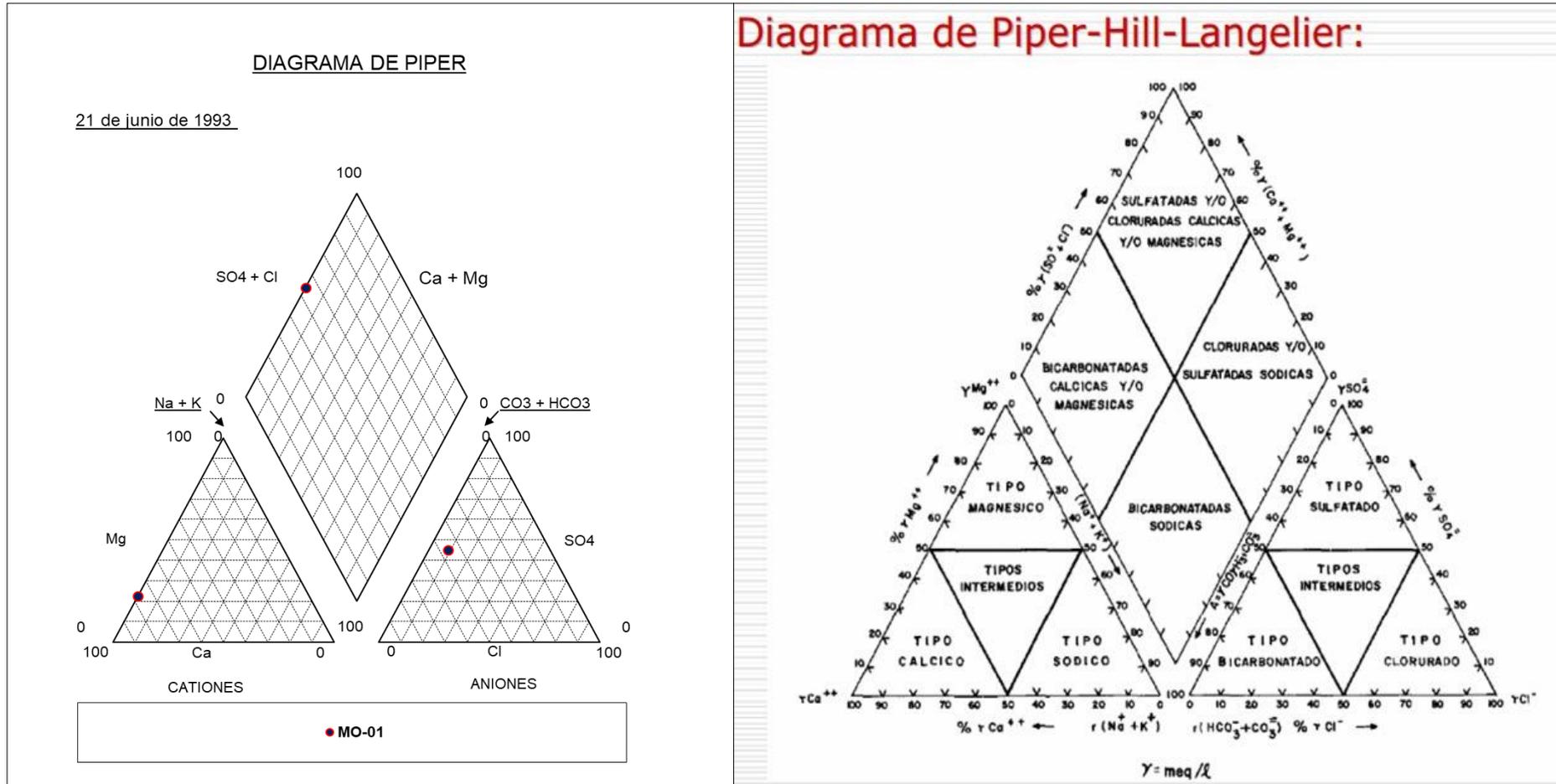


Figura. 47. Resultados 1993. Diagrama de Piper.
 Fuente: EASY_QUIM.4

Estos diagramas son utilizados para graficar la cantidad de componentes químicos en proporción de una o varias muestras de agua, la suma de los componentes debe presentar el 100%. Un triángulo es utilizado para representar en función a los cationes y el otro para los aniones. Los resultados demuestran que el tipo de agua del análisis del año 1993 es cálcica y/o magnésica, por cationes y aniones tipo cálcica-bicarbonatada.

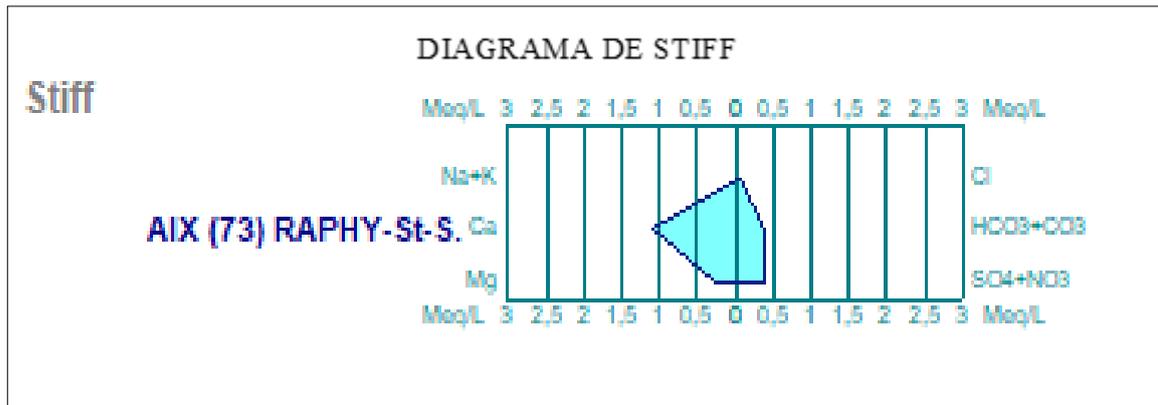


Figura. 48. Resultados análisis 1993, diagrama de stiff.

Fuente: Diagrammes

El diagrama de Stiff nos muestra una morfología correspondiente a la de un pentágono casi regular. (Fig.49), observamos que hay una mayor orientación del vértice superior extremo izquierdo lo cual corresponde a un valor levemente alto de mineralización para el ion definido al eje, Ca Interpretación que podemos validar con el resultado del análisis y el diagrama de Piper, dado que el modelo se basa en los valores numéricos de parámetros químicos-mineralógicos del ensayo de laboratorio.

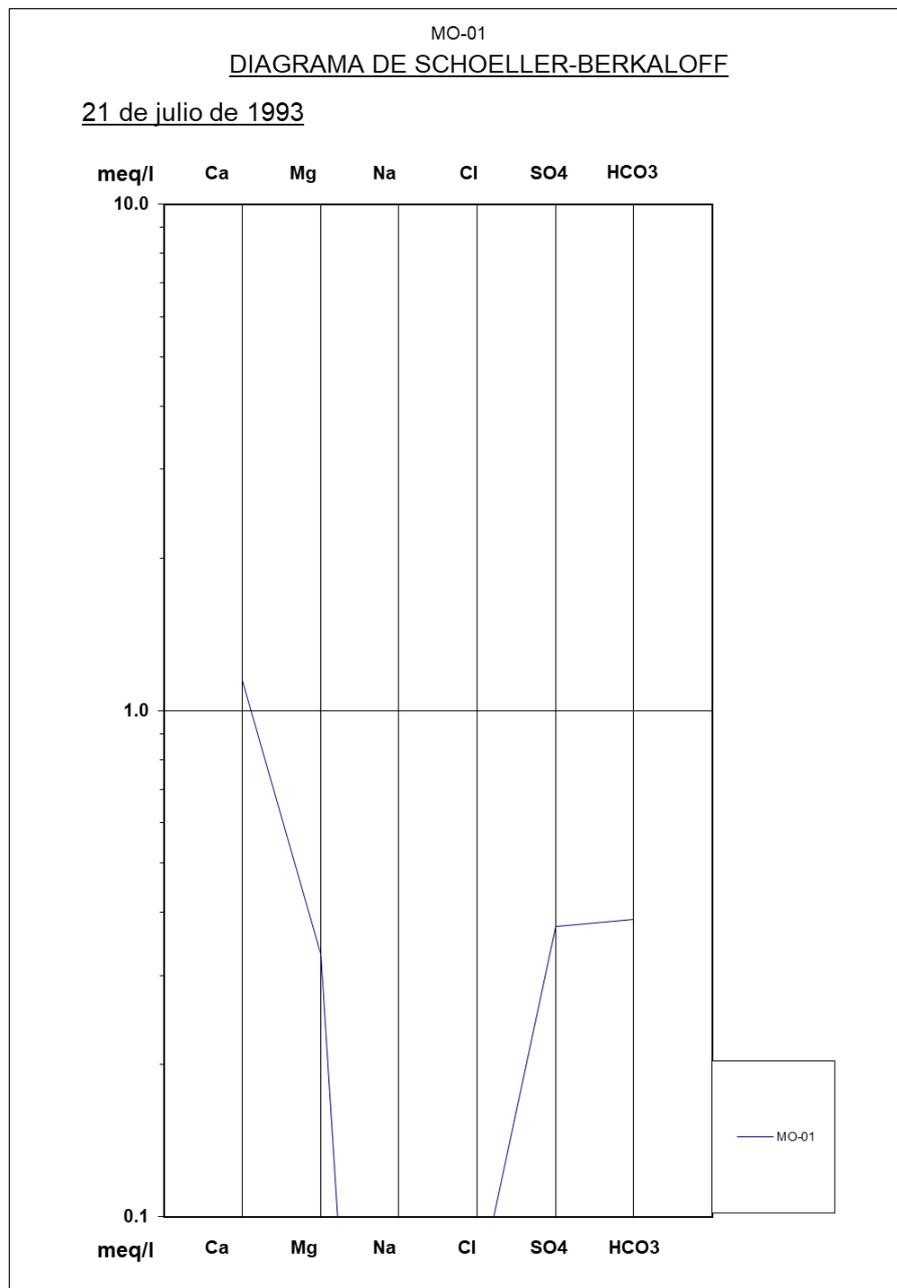


Figura. 49. Resultados análisis 1993. Diagrama de Schoeller-Berkaloff.
Fuente: EASY_QUIM.4

La figura 50, demuestra en una escala logarítmica vertical los cambios en composición química que sufre un manantial en periodos de tiempo, para este caso solo se tomó una sola muestra en el mes de agosto, por lo que se observa que en ese mes hay incremento en calcio, magnesio, Sulfatos y bicarbonato. Lo ideal en función a este grafico es ir tomando muestras por lapsos de tiempo durante un semestre u año para observar los cambios.

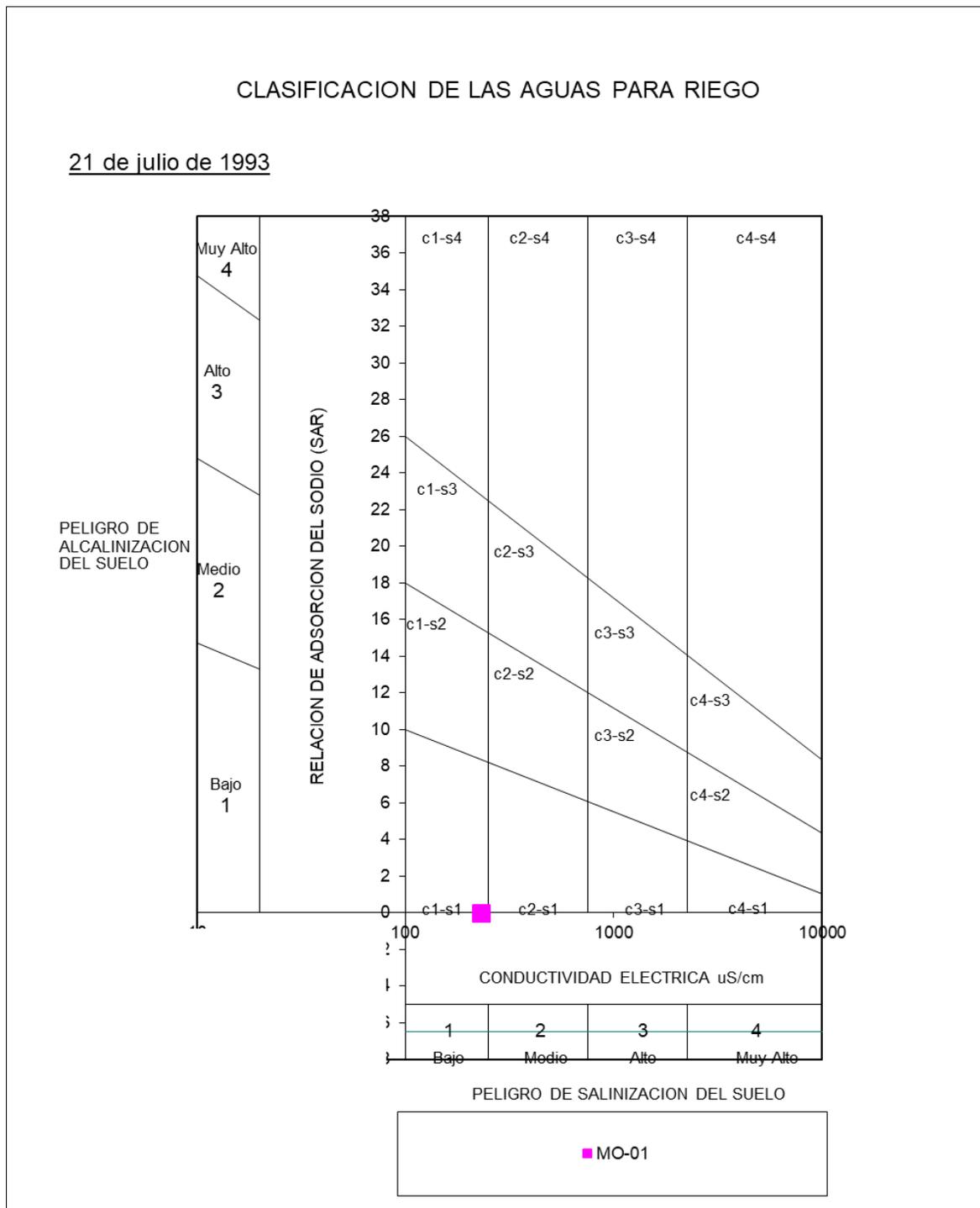


Figura. 50. Análisis 1993. Clasificación de las aguas para riego.

Fuente: EASY_QUIM.4

Se realizó la correlación de variables parámetros físicos (conductividad eléctrica) y química (cationes y aniones). Para determinar la salinidad y el incremento o decremento de la conductividad eléctrica siendo los parámetros más relevantes para la determinación de la

aptitud del agua destinada para riego. Como resultado no se presenta una correlación significativa entre la conductividad eléctrica y los parámetros químicos (aniones y cationes) por lo que se ubica en la clasificación C1S1 el cual indica que el agua cuenta con una salinidad baja y peligrosidad sódica baja.

Se realizó el análisis EASY_QUIM.4 mediante una metodología analítica para obtener resultados que interpretar en relación a los objetivos, MO-01 y MA-02 se graficaron con el fin de obtener fundamentos que respalden la hipótesis y corroborar que MA-02 si es la fuente de recarga, continuamente se observaron los diagramas elaborados con los resultados del análisis del año 1993 con el fin de comparar si hay cambios significativos en las muestras actuales. Para ello se siguieron los pasos mencionados en el capítulo de metodología, siguiendo un orden y estructuración para asegurar la veracidad de los resultados.

TABLA DE ANALISIS QUIMICOS Y RELACIONES IONICAS (IONES MAYORITARIOS)			
EASY_QUIM.4		ACCION	
Autor: Enric Vázquez Suñé (1999) (Actualizado 2001)		si	si
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		Fecha	07-ago-20
		Pozo	MO-01
		Coord x	
		Coord y	
		CE uS/cm	331.00
		pH	7.42
		TAC	
		DUR	
		TSD	165.00
			216.00
APRETAR AQUÍ PARA RECALCULAR LOS GRAFICOS (Según la ACCION sea SI / NO) Esta opción sólo puede utilizarse una vez. 1º Define mediante la ACCION si / no, los análisis que realmente quieres representar. 2º Apretar el boton		aniones	mg/l
		HCO3-	23.60
		SO4=	28.82
		Cl-	2.29
		NO3-	3.153
		sum aniones	57.863
		cationes	mg/l
		Na+	5.28
		K+	3.77
		Ca++	10.26
Mg++	2.673		
sum cationes	21.977		
1		NH4+	0.68
		Cl--NO3-	5.443
		Na+ + K+	9.044
		aniones (mg/l)	mg/l
		HCO3-	0.39
		SO4=	0.60
		Cl-	0.06
		NO3-	0.05
		Cl--NO3-	0.12
		sum aniones	1.10
cationes (mg/l)	mg/l		
Na+ + K+	0.33		
Na+	0.23		
K+	0.10		
Ca++	0.51		
Mg++	0.22		
sum cationes	1.06		
aniones(%)	%		
	%		

Datos de campo.

Análisis Químico.

Figura. 51. Análisis EASY_QUIM.4. MO-01 y MA-02.

Fuente: EASY_QUIM.4

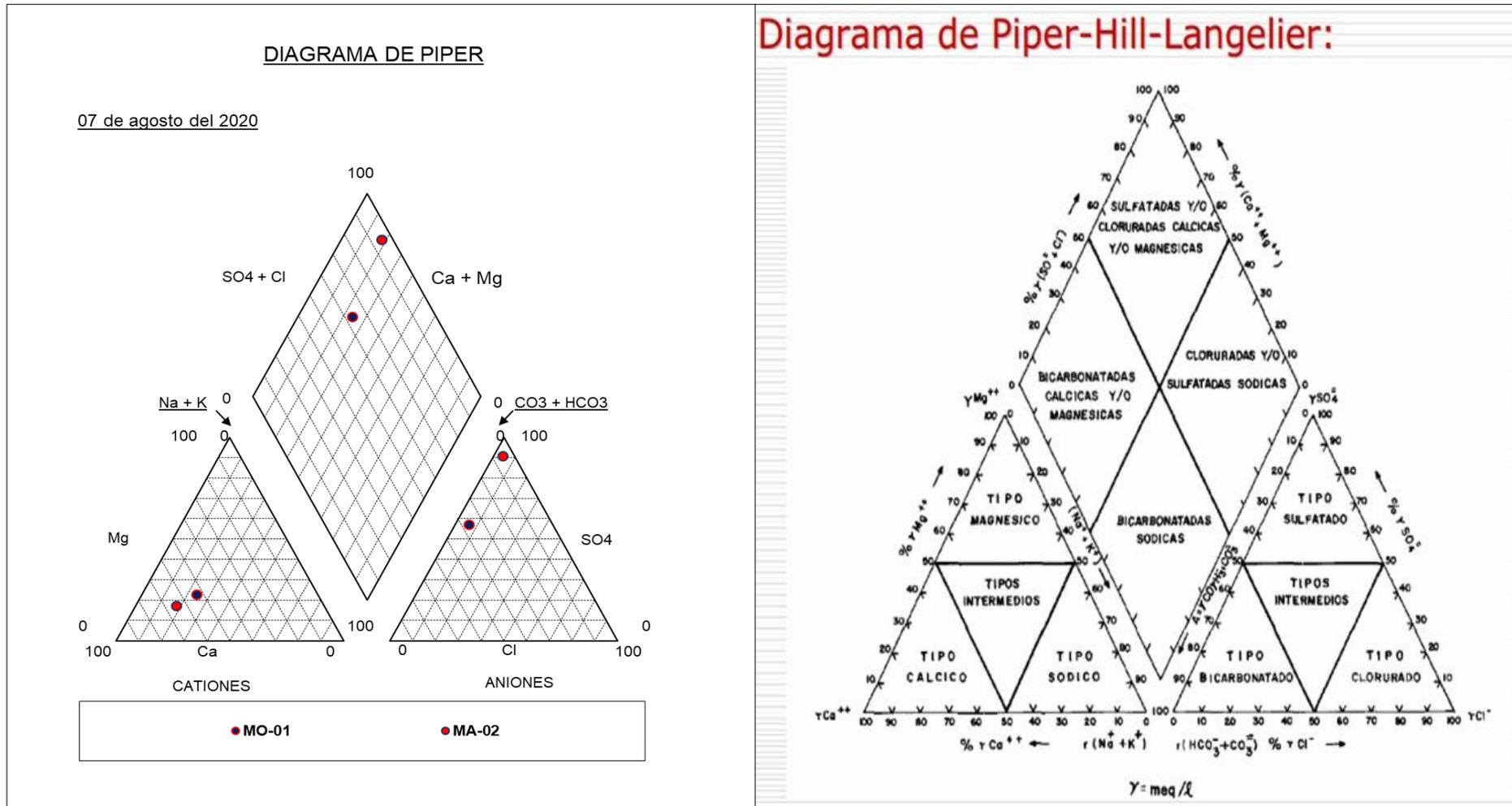


Figura. 52. Análisis 2020. Diagrama de Piper.
 Fuente: EASY_QUIM.4

Para la muestra MO-01, el diagrama de Piper lo clasifica como agua cálcicas y/o magnésicas del tipo sulfatada, clasificación similar a la de 1993, difiriendo en la sección de aniones donde el sulfato prevalece en comparación con el bicarbonato causando una clasificación de agua por cationes y aniones del tipo cálcica sulfatada. Para la segunda muestra MA-02, el diagrama de Piper lo clasifica en relación a sus valores químicos como sulfatadas y/o cálcicas, magnésicas por cationes y aniones tipo sulfatado.

DIAGRAMA DE STIFF

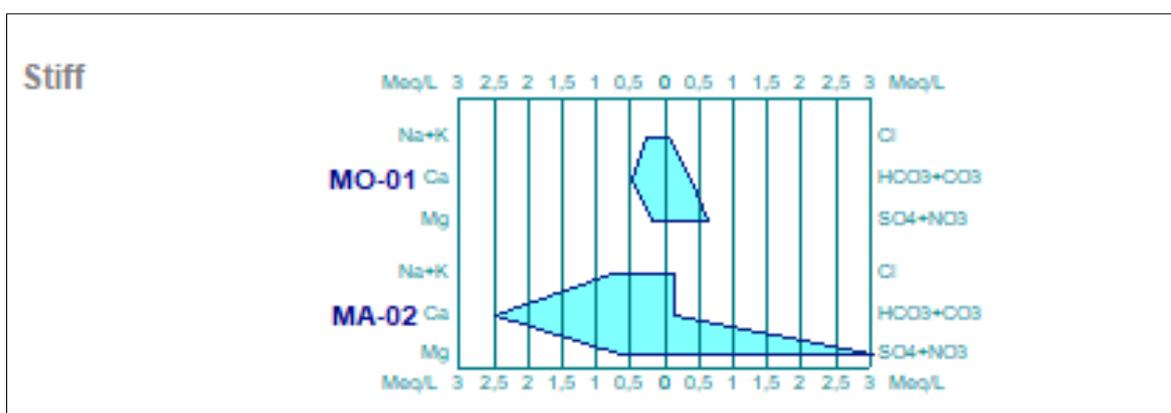


Figura. 53. Análisis 2020, diagrama de Stiff.
Fuente: Diagrammes

El diagrama de Stiff muestra el resultado correspondiente a las dos muestras MO-01 y MA-02 demostrando dos morfologías un pentágono correspondiente a la configuración de un manantial MO-01 y de un hexágono irregular MA-02 con tendencia en su vértice derecho inferior a Sulfatos y Nitratos (SO_4+NO_3), mientras que a su lado opuesto muestra una tendencia hacia el calcio. El pentágono (MO-01) muestra un equilibrio en parámetros químicos, tendencia característica en su forma gráfica de fuentes hídricas subterráneas de misma forma se aprecia en la fig. (49).

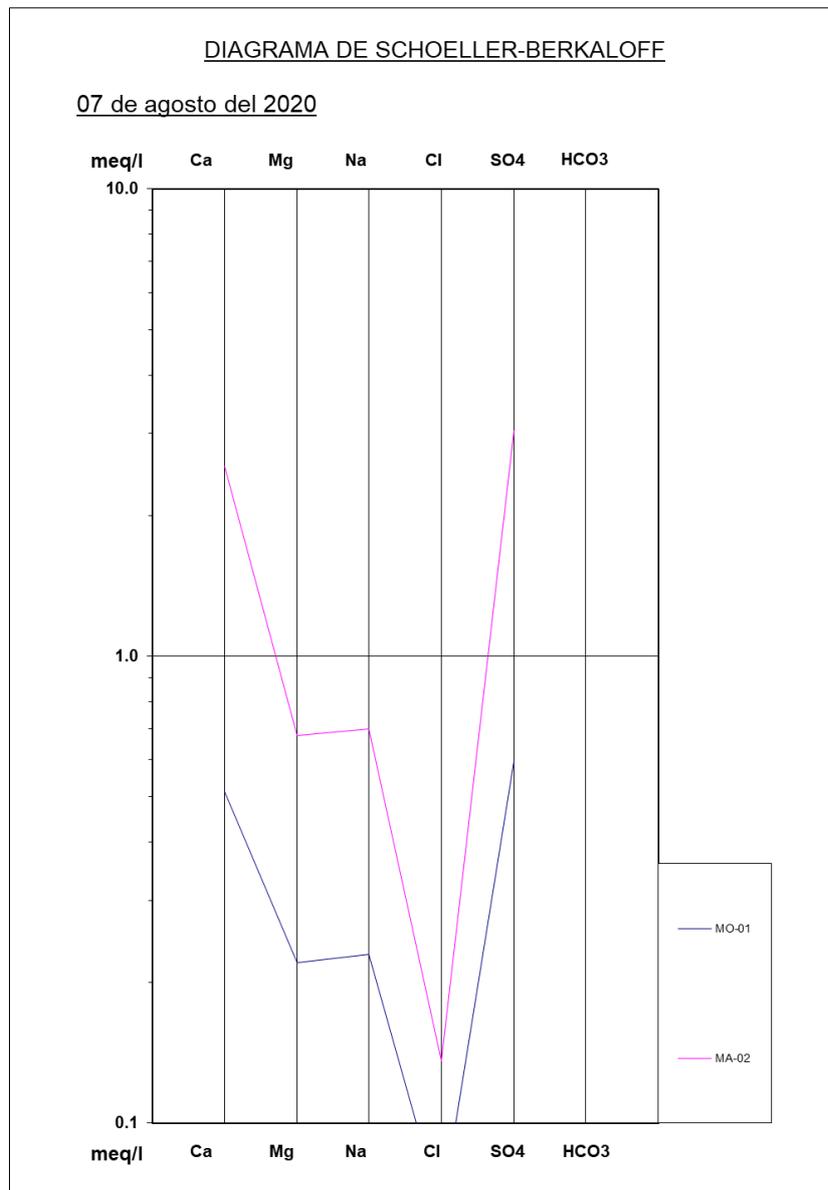


Figura. 54. Análisis 2020. Diagrama de Schoeller-Berkaloff.
Fuente: EASY_QUIM.4.

La escala logarítmica demostrada por el diagrama Schoeller nos muestra los valores químicos con mayor rango que tiene MA-02 con respecto a MO-01, ambas muestras fueron tomadas el mismo día-mes y con una diferencia horaria de una hora y media aprox., lo que nos demuestra que las variaciones químicas en valores numéricos se debe especialmente al ambiente o contexto de circulación de estas aguas. MA-02 (3.5meq/L) – MO-01 (0.7meq/L).

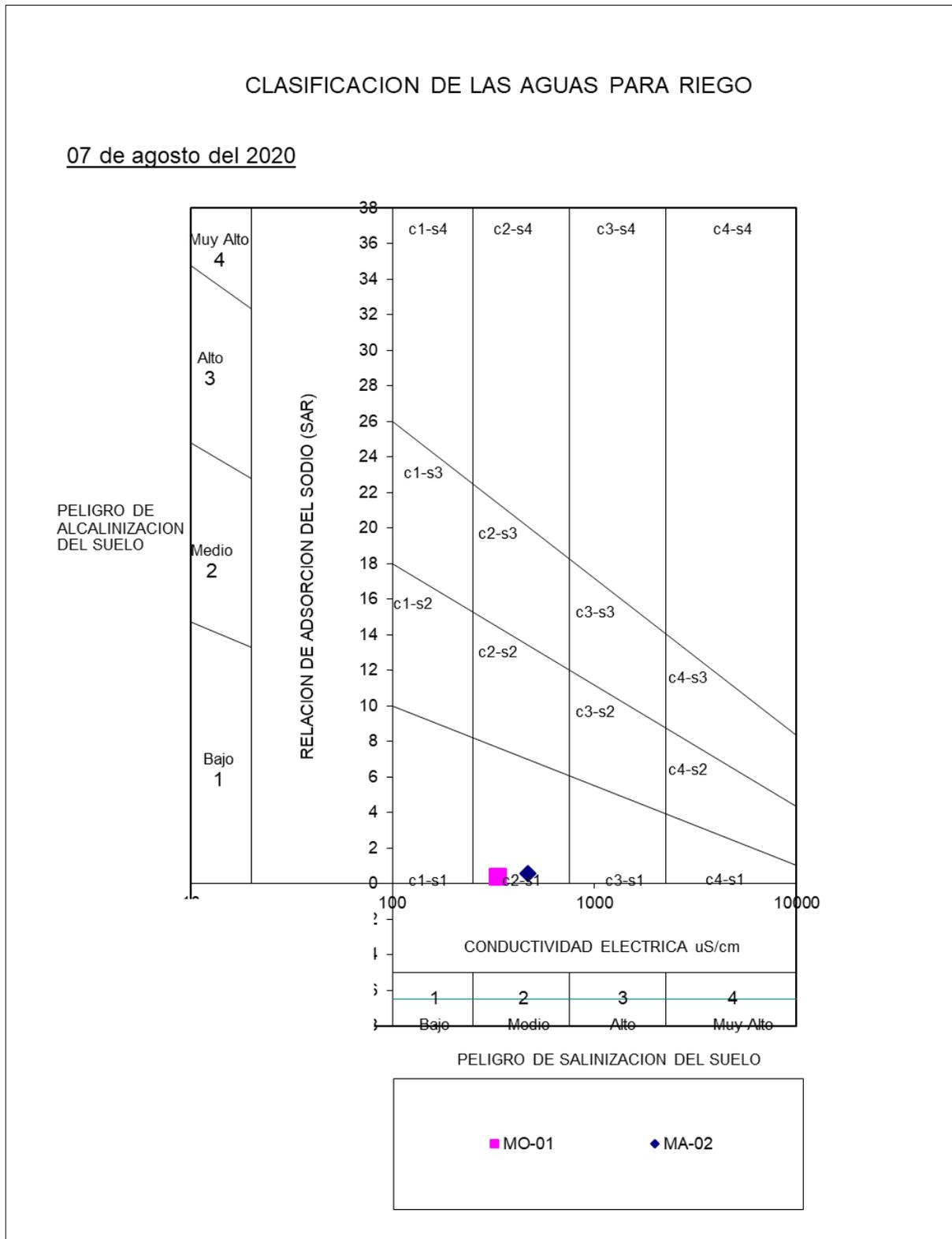


Figura. 55. Análisis 2020. Clasificación de las aguas para riego.

Fuente: EASY_QUIM.4

Este diagrama demuestra una alerta del peligro de salinización o sodificación del suelo a partir de algunos parámetros medidos en el agua, se demuestra cuatro clases de riesgo de salinización y otras cuatro de riesgo de sodificación. Cada una de las cuales tiene unos condicionantes para ser utilizados en regadío, el uso que le dan a la fuente Moyococha es para consumo humano sin embargo por la creciente población y demanda del recurso no se escatima que pueda ser usada como regadío para algunas áreas. Ambas muestras arrojan un resultado similar en salinización y sodificación, medio – bajo. Sin embargo tener bajo grado de salinización y sodificación no es sinónimo de que todo vaya bien cuando estas aguas sean usadas para regadío, como nos menciona el siguiente estudio, “Por otro lado, cuando el agua de riego tiene muy baja salinidad (conductividad eléctrica por debajo de 200 mS/cm origina casi siempre problemas de infiltración debido a que tiende a lavar las sales solubles del suelo, especialmente el calcio”. (Geocaceta, 2005).

IV.II.V. Régimen de Calidad de Agua según el estándar de calidad ambiental (ECA)

El estándar de calidad ambiental es una herramienta de gestión ambiental usada para establecer una medición del estado de la calidad ambiental, para esto se utiliza una serie de niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no representan algún tipo de riesgo. Estos parámetros van acompañados de valores permisibles asimilables al uso dado para cada fin, en el Perú tenemos cinco tipos de Estándares de Calidad Ambiental que son para Agua, Aire, Suelo, Ruido y Radiaciones no ionizantes.

Para esta investigación los resultados de los análisis fueron evaluados mediante comparación con los estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas (D.S N° 004-2017-MINAM) según la categoría 1: A: “Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional”, en concordancia con la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338.

Tabla 23. Resultados de Calidad de agua MA-02. ECA

Parámetro	MA-02	ECA-(Categoría A1)	ECA-(Categoría A2)	ECA-(Categoría A3)
FISICOS-QUÍMICOS		Unidad (mg/L)		
Aceites y grasas	No hay presencia	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total/Libre	0,00 mg/L	0,07”	”/0,2	”/0,2
Cloruros	4.829 mg/L	250	250	250
Color	10 U de color	15	100	“
Conductividad (µS/cm)	468	1500	1600	“
Dureza	Agua blanda -60 mg/L	500	“	“
Fluoruros	<0.038 mg/L	1,5	“	“
Fosforo Total	0.120 mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de origen antropogenico	Ausencia de materiales flotantes.	Ausencia de materiales flotantes de origen antrópico	Ausencia de materiales flotantes de origen antrópico	Ausencia de materiales flotantes de origen antrópico
Nitratos (NO ₃)	<0.064 mg/L	50	50	50

Nitrito (No ₂)	<0,050 mg/L	3	3	“
Potencial Hidrogeno (pH)	7,51	6,5-8,5	5,5-9,0	5,5-9,0
Solidos Disueltos Totales	216 ppm	1000	1000	1500
Sulfatos	146 mg/L	250	500	“
Temperatura	16 °C	Δ3 (Variable)	Δ3	“
Turbiedad	3 UNT	5 UNT	100	“
INORGANICO				
Aluminio	<0,023 mg/L	0,9	5	5
Arsénico	<0,005 mg/L	0,02	0,02	“
Bario	0,044 mg/L	0,7	1	“
Berilo	<0,003	0,012	0,04	0,1
Boro	<0,026	2,4	2,4	2,4
Cadmio	<0,002	0,003	0,005	0,05
Cobre	<0,018	2	2	2

Cromo Total	<0,003	0,05	0,05	0,05
Hierro	<0,023	0,3	1	5
Manganeso	<0,003	0,4	0,4	0,5
Mercurio	<0,0002	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	<0,002	0,07	“	“
Plomo	<0,004	0,01	0,05	0,05
Selenio	<0,018	0,04	0,04	0,05
Uranio	<0,004	0,02	0,02	0,02
Zinc	<0,018	3	5	5
MICROBIOLOGICO (NMP/100mL)				
Coliformes	430	20	2000	20000
Termotolerantes				

Fuente: Informe de Ensayo N° 0939355

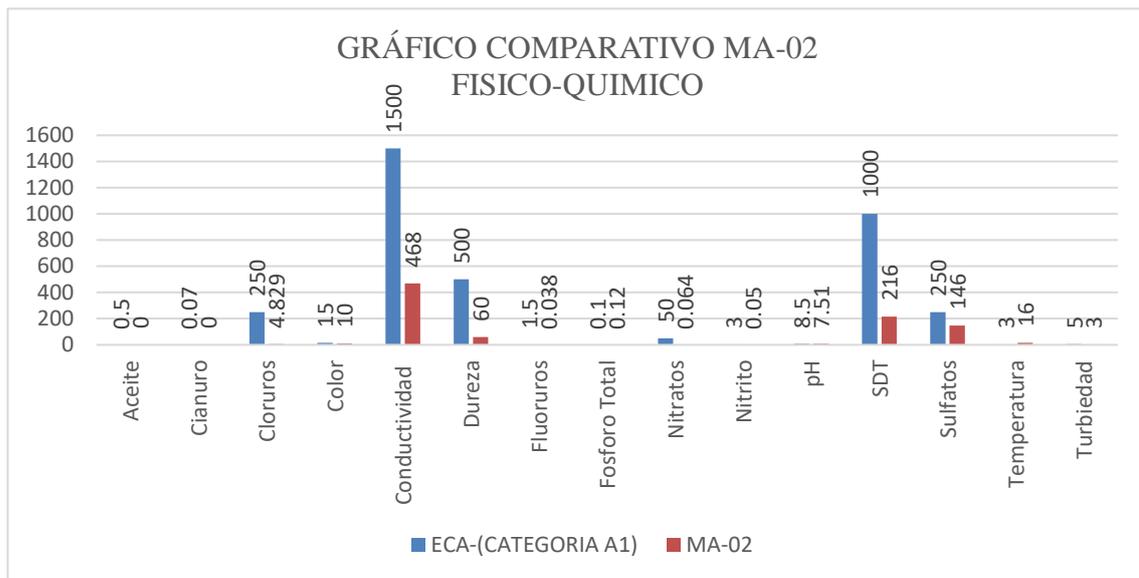


Grafico. 5. Valores ECA vs MA-02. Físicoquímico.

Fuente: Propia.

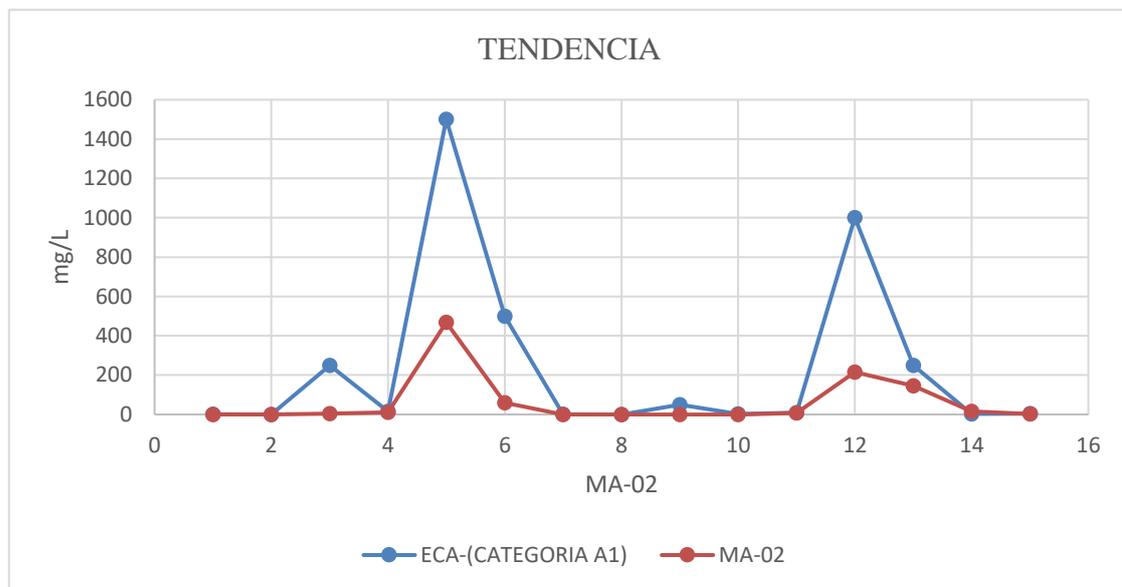


Grafico. 6. Línea de tendencia ECA vs MA-02

Fuente: Propia.

Los valores presentados en el análisis físico-químico para el punto MA-02 muestran una tendencia por debajo de los límites del ECA, como se pueden apreciar en los gráficos, los puntos más resaltantes son la conductividad con 468 mS/cm y sólidos totales disueltos con 216 ppm, valores que presentan mayor rango entre todos pero que no pasan los límites del estándar, mientras que los más próximos son Fluoruros, nitrito, nitratos, pH y turbiedad, la

única diferencia se encuentra en temperatura con 16°C sin embargo en este ítem el ECA la

temperatura nos menciona como variable.

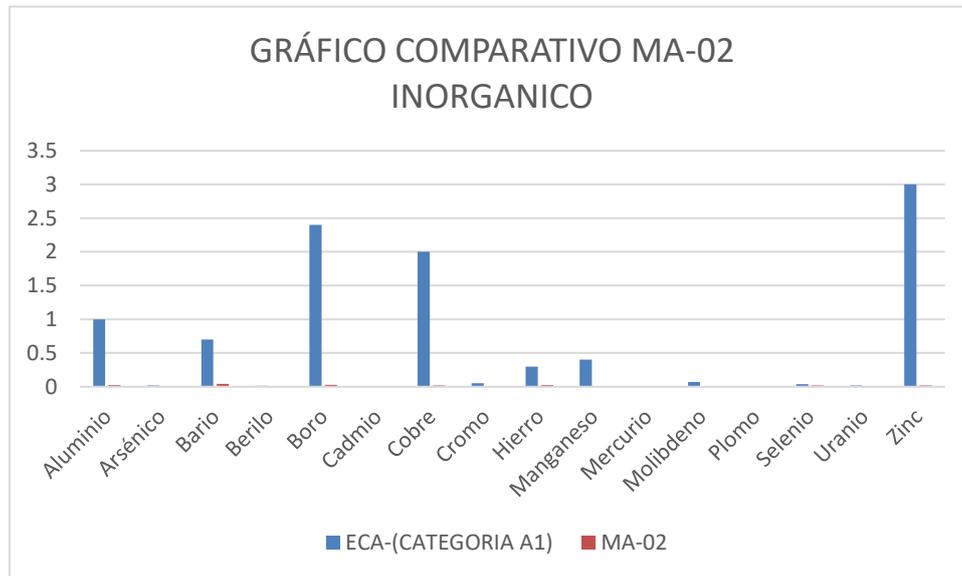


Grafico. 7. Valores ECA vs MA-02. Inorgánico.

Fuente: Propia.

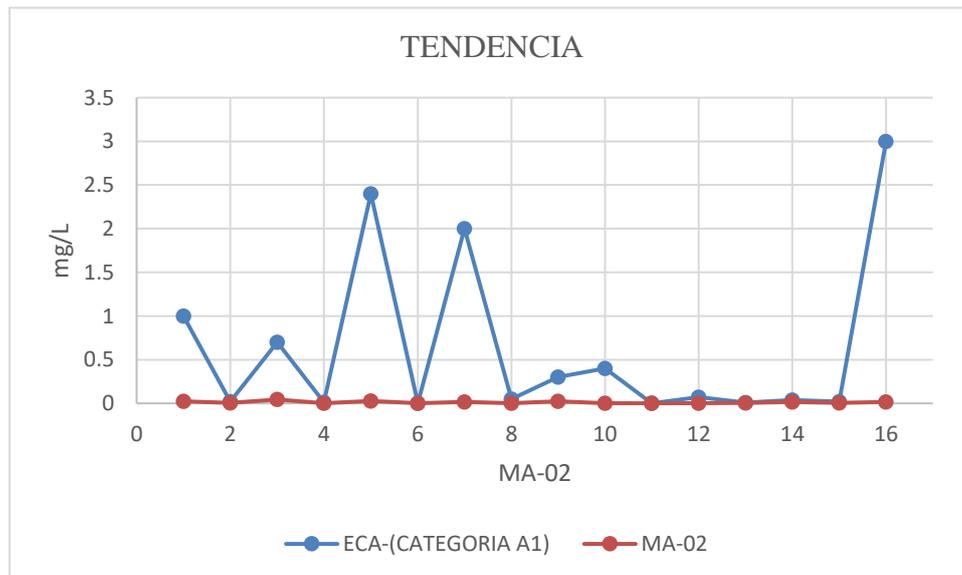


Grafico. 8. Línea de tendencia ECA vs MA-02. Inorgánico.

Fuente: Propia.

Los parámetros inorgánicos de MA-02 no superan los límites estándar, todos los valores se encuentran por debajo de la línea límite, con excepciones del cromo, mercurio, selenio y uranio, que mantienen la misma línea de tendencia ya que son valores numéricos muy ínfimos para clasificación A1 dado su potencial peligro para uso potable.

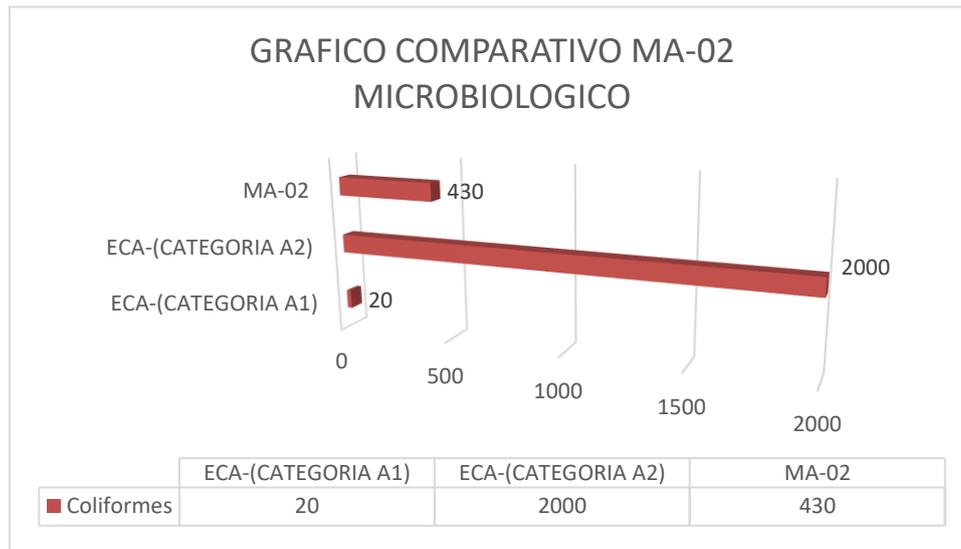


Grafico. 9. Valores ECA vs MA-02. Microbiológicos.

Fuente: Propia.

Los resultados microbiológicos demuestran un gran margen de diferencia entre ECA-A1 y MA-02 lo que conlleva pasar el límite permisible, situándose como dentro de la Categoría A2, aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

Parámetro	MO-01	ECA-(Categoría A1)	ECA-(Categoría A2)	ECA-(Categoría A3)
FISICOS-QUÍMICOS		Unidad (mg/L)		
Aceites y grasas	No hay presencia	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total/Libre	0,00 mg/L	0,07”	”/0,2	”/0,2
Cloruros	2,29 mg/L	250	250	250
Color	10 U de color	15	100	“
Conductividad (µS/cm)	331	1500	1600	“
Dureza	Agua muy blanda 12,93 mg/L	500	“	“
Fluoruros	0,038 mg/L	1,5	“	“
Fosforo Total	0,078 mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de origen antropogenico	Ausencia de materiales flotantes.	Ausencia de materiales flotantes de origen antrópico	Ausencia de materiales flotantes de origen antrópico	Ausencia de materiales flotantes de origen antrópico
Nitratos (NO ₃)	3,153 mg/L	50	50	50

Nitrito (No ₂)	<0,050 mg/L	3	3	“
Potencial Hidrogeno (pH)	7,41	6,5-8,5	5,5-9,0	5,5-9,0
Solidos Disueltos Totales	165 ppm	1000	1000	1500
Sulfatos	28,82 mg/L	250	500	“
Temperatura	16,35 °C	Δ3 (Variable)	Δ3	“
Turbiedad	3 UNT	5 UNT	100	“
INORGANICO				
Aluminio	0,035 mg/L	0,9	5	5
Arsénico	<0,005 mg/L	0,02	0,02	“
Bario	0,030 mg/L	0,7	1	“
Berilo	<0,003	0,012	0,04	0,1
Boro	<0,026	2,4	2,4	2,4
Cadmio	<0,002	0,003	0,005	0,05
Cobre	<0,018	2	2	2

Cromo Total	<0,003	0,05	0,05	0,05
Hierro	<0,023	0,3	1	5
Manganeso	<0,003	0,4	0,4	0,5
Mercurio	<0,0002	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	<0,002	0,07	“	“
Plomo	<0,004	0,01	0,05	0,05
Selenio	<0,018	0,04	0,04	0,05
Uranio	<0,004	0,02	0,02	0,02
Zinc	<0,018	3	5	5
MICROBIOLOGICO (NMP/100mL)				
Coliformes Termotolerantes	2,0	20	2000	20000

Fuente: Informe de Ensayo N° 0930355.

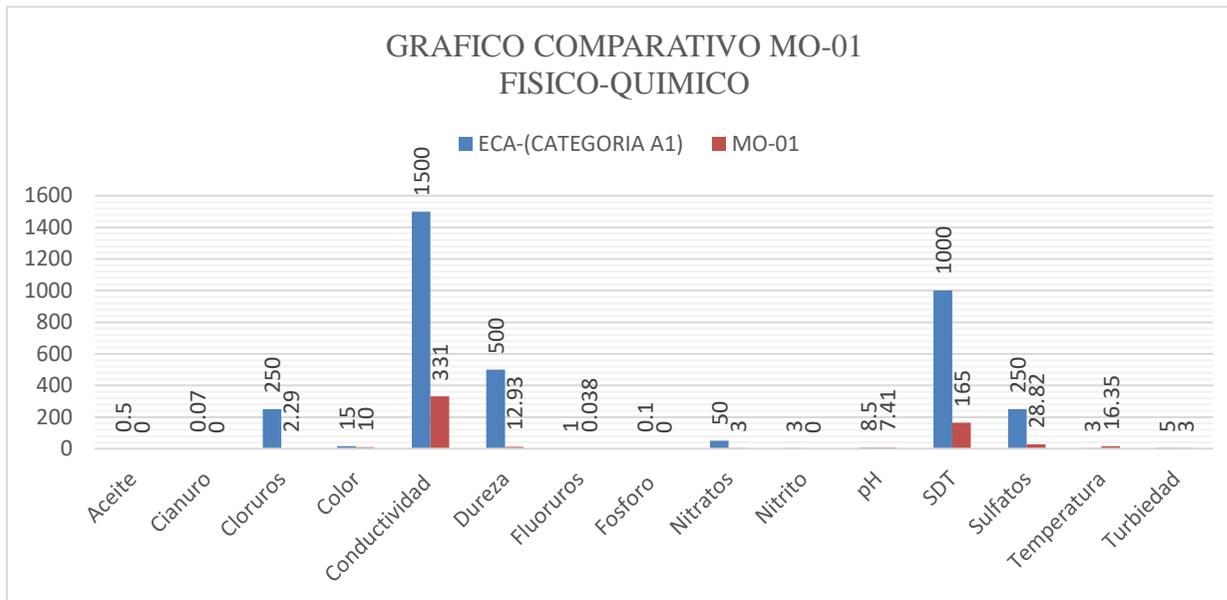


Grafico. 10. Valores ECA vs MO-01. Físicoquímico.

Fuente: Propia.

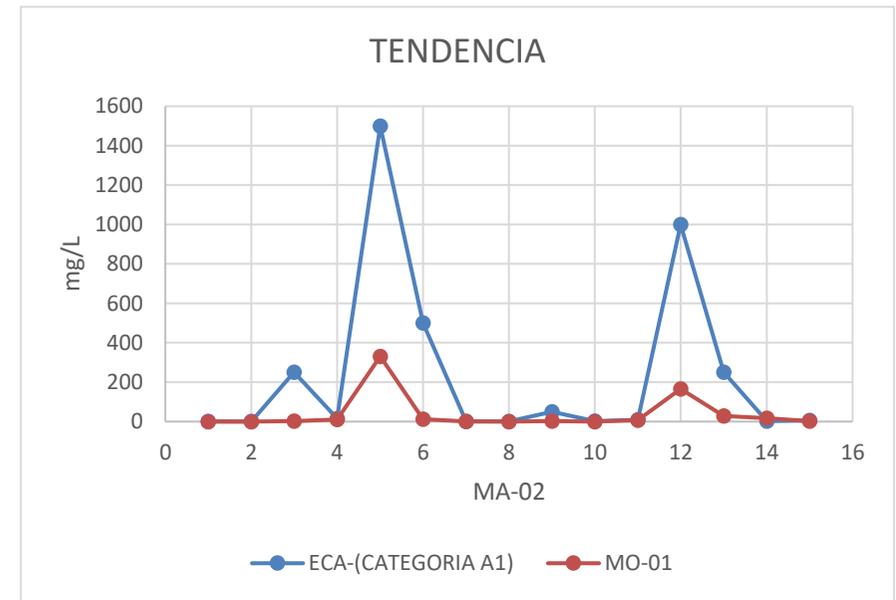


Grafico. 11. Línea de tendencia ECA vs MO-01. Físicoquímico.

Fuente: Propia.

Los parámetros físico químicos del manantial Moyococha no exceden los límites permisibles, todos los parámetros tienen valores por debajo de la tendencia de parámetros ECA.

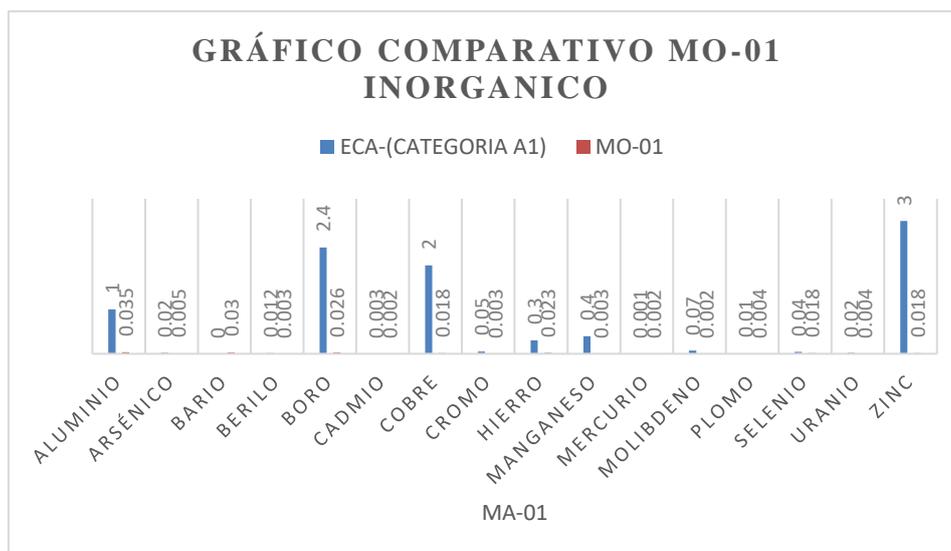


Grafico. 12. Valores ECA vs MO-01. Inorgánico.

Fuente: Propia.

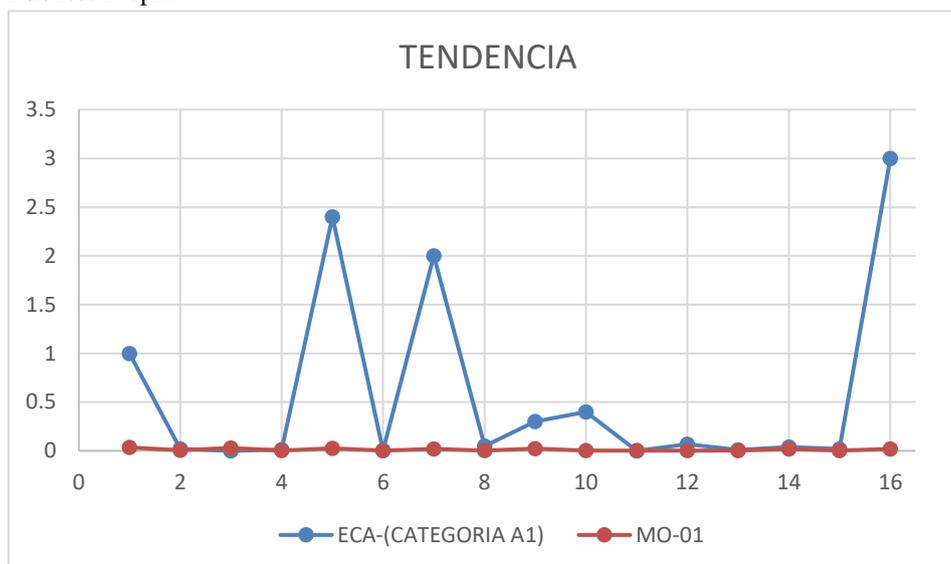


Grafico. 13. Línea de tendencia. ECA vs MO-01. Inorgánicos.

Fuente: Propia.

La concentración de los metales: aluminio, arsénico, bario, boro, cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, plomo, selenio, uranio y zinc, se encuentran por debajo del límite de detección por el laboratorio (<LCM), así mismo se encuentran por debajo de los niveles permisibles establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (D.S N°004-2017-MINAM).

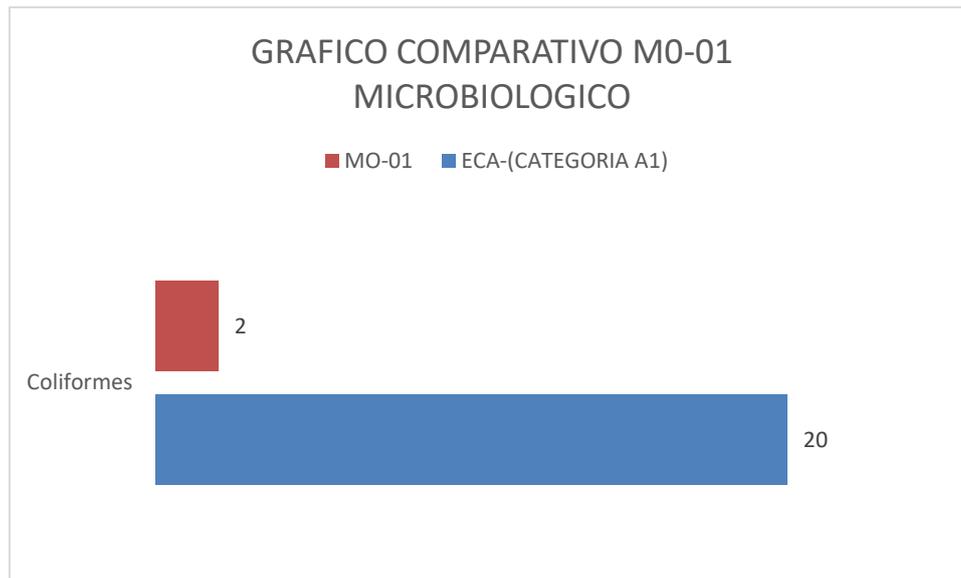


Grafico. 14. Valores ECA vs MO-01. Microbiológico.
Fuente: Propia.

La concentración de coliformes fecales termotolerantes no excede los niveles permisibles del ECA categoría A1, como se puede apreciar en el gráfico.

IV.III. Componentes del balance.

IV.III.I. Estimación de caudal.

Existen una gran diversidad de metodologías para estimar el caudal de agua en un acuífero, métodos que son pragmáticos y otros que hacen uso de aparatos sofisticados para la medición de este fin, es el caso del caudalímetro, sin embargo la situación no amerita una medición por el segundo método ya que dicha medición es de uso más requerido para ríos donde el flujo es mayor, los métodos usados para esta práctica son mencionados en la sección de metodología. Los métodos utilizados disponen de ventajas de aplicación en campo como es su sencillez y requerimiento en número de variables reducido fáciles de conseguir y trabajarla. Los estudios preliminares y base demuestran una comparación del caudal en determinado tiempo, con ello se espera dar un resultado de la situación actual de la fuente.

CANTIDAD	TIEMPO
900 ml	5.32 seg
850 ml	5.26 seg
850 ml	5.24 seg
800 ml	5.33 seg
900 ml	5.19 seg
900 ml	5.31 seg
PROMEDIO	
866.66 ml	5.27 seg



Figura. 56. Estimación del Caudal.

Fuente: Propia.

Los resultados se encuentran en las unidades de milímetros x segundo; si se desea estandarizar a L x Segundo; se realiza lo siguiente:

$$5.27 \text{ Seg} \rightarrow 866.66 \text{ ml}$$

$$1 \text{ Seg} \rightarrow X \text{ ml}$$

$$X = 164.452 \text{ ml} \text{ ó } 0.16 \text{ l}$$

Los resultados demuestran un descenso notable en el caudal del manantial Moyococha, si nos proyectamos a la información histórica brindada por el señor Jorge Colina Santiesteban, el caudal en los 90's era de 1.5 l/s realizando la comparación respectiva la diferencia es drástica, si nos proyectamos a los informes realizados por la Municipalidad Distrital de Baños de Inca en el año 2015 el promedio de caudal por dos trimestres del año eran de 0.95 l/s a continuación se detalla las diferencias del cálculo del caudal.

Fuente Histórica	Caudal Actual	Diferencia
90's	1.5 l/s	0.16445 l/s
2015	0.95 l/s	0.16445 l/s

La diferencia más sobresaliente se ve en el primer periodo de diferencia de caudal donde va con una pérdida de caudal de 1.415 l/s mientras que en el año 2015 el caudal difiere en 0.7855 l/s siendo un cambio notorio de igual forma. Si seguimos una secuencia de cálculo tendríamos lo siguiente.

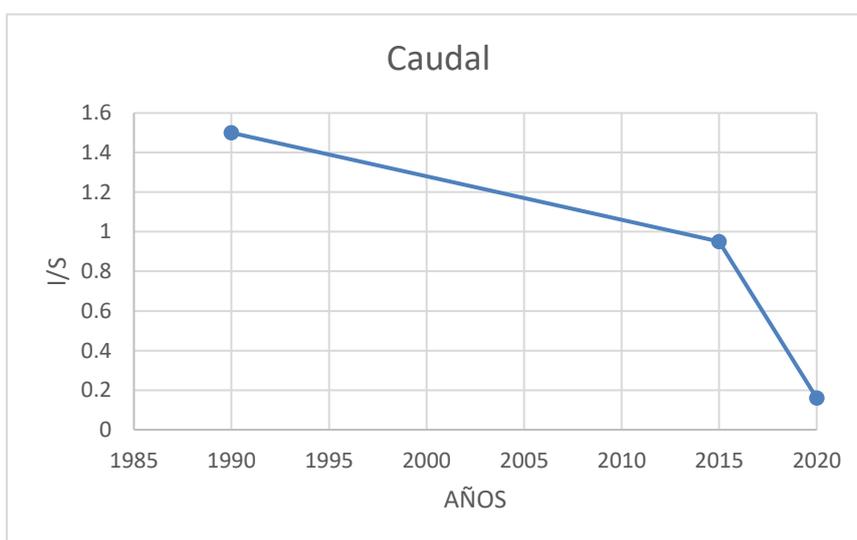


Grafico. 15. Grafica de Caudal.
Fuente: Propia.

Como se aprecia el caudal ha sufrido un descenso drástico en los últimos 30 años, realizando una diferencia de:

Tiempo	Diferencia
90's a 2015	0.55 l/s
2015 a 2020	0.7836 l/s

La pérdida de caudal durante los 30 años es de 1.336 l/s, reducción a causa de la posible la temporada de sequía que está pasando Cajamarca durante los últimos meses y posiblemente durante los últimos años.

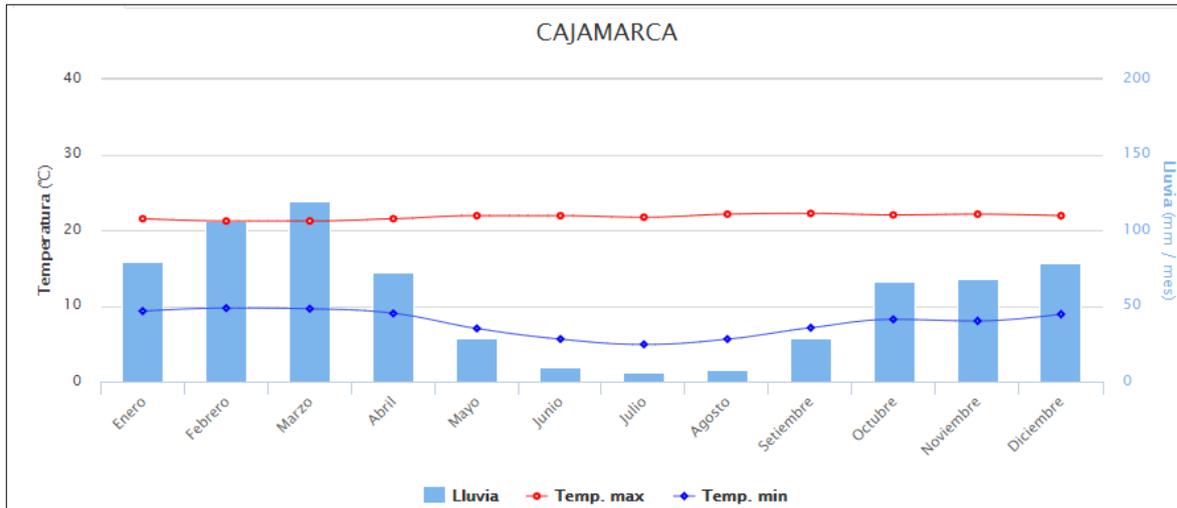


Figura. 57. Precipitación fluvial de Cajamarca.

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

Pero sobre todo el factor más resaltante sea el aumento de población que se ha desarrollado en la zona de estudio ya que actualmente el manantial Moyococha abastece a un aproximado de 155 familias con un aprox. de 650 usuarios, en un principio en el año 92 dicho manantial abastecía a 104 familias a lo que podríamos agregar que este factor trajo como consecuencia una sobreexplotación de la fuente hídrica.

IV.III.II. Salidas.

La salida de este acuífero se distribuye de manera antrópica no se ha registrado una salida de manera natural para uso humano ya que el recurso es manejado por el JASS para su posterior repartición y uso con las comunidades aledañas, la salida del manantial ha sido cuantificado en el capítulo anterior, resaltando el drástico descenso de este.

Es necesario resaltar las salidas antrópicas que se desarrollan mediante el manantial ya que son numerosas las captaciones que se hacen para usar el recurso del acuífero. Como principal

resultado de indagar el inventario de puntos de distribución para el uso de agua se puede establecer que la gran mayoría de captaciones existentes se destinan para un uso doméstico.

Derivado en 3 sectores, que a continuación se detalla.

Tabla 26. Sectores que abastece el manantial.

Sector	Número de conexiones
Usuarios Moyococha	77
Usuarios la Shilla	26
Usuarios La Molina	52
TOTAL	155

Fuente: Junta Administrativas de las Servicios de Saneamiento (JASS)



Figura. 58. Tuberías destinadas para cada sector.

Fuente: Propia.

La tabla anterior detalla el número de familias por sector que hacen uso del manantial, en total por todas las familias se cuenta con 650 usuarios que hacen uso de la fuente hídrica, según la memoria descriptiva elaborada por la municipalidad de Baños del Inca.

Según la evaluación hídrica realizada por la municipalidad de Baños del Inca el volumen hidráulico de Moyococha es de 30,818 m³/año, estudio realizado por aforos y métodos indirectos realizados desde el mes de agosto hasta Julio completando un año.

IV.III.III. Estado del acuífero.

La captación del manantial Moyococha se encuentra en una cámara húmeda de captación, con una tapa metálica como cubierta y apartado de válvulas para su posterior distribución, para la parte externa cuenta con una construcción de concreto armado, muros, cerco perimétrico, techo de calamina, ventana metálica para el acceso al punto de captación, y ventana metálica en la parte externa con una pequeña poza de concreto.



Figura. 59. Cámara húmeda de captación manantial Moyococha.
Fuente: Propia.



Figura. 60. Cámara húmeda de captación.
Fuente: Propia.

Al costado de la garita donde se encuentra la cámara húmeda de captación tenemos una caseta de bombeo, destinada para las familias que viven en la colina que se encuentra en la parte trasera de la cámara de captación.

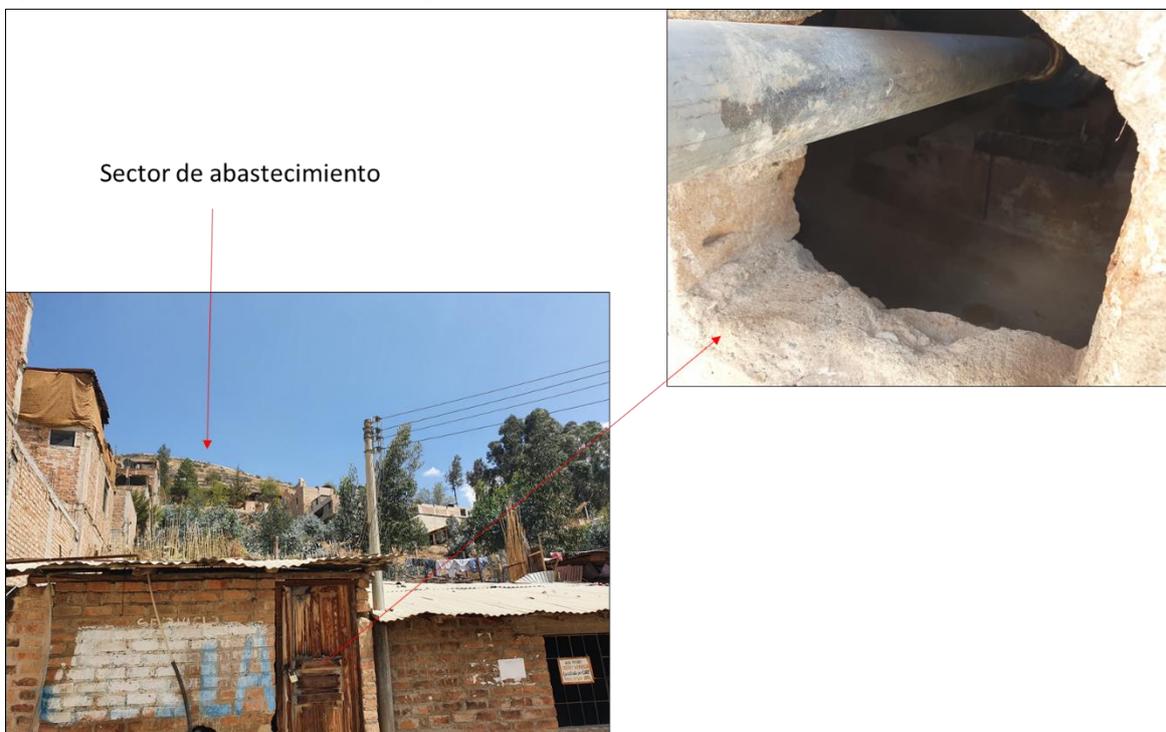


Figura. 61. Caseta de bombeo.
Fuente: Propia.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

IV.I Discusión

Sería buena opción la inversión para un posterior envío de muestras a diferentes laboratorios para comprobar la veracidad de estos, como limitante tenemos el corto presupuesto manejado para la investigación.

A futuro recomendaría realizar un estudio más profundo sobre el comportamiento de la falla de cabalgamiento con el manantial usando métodos directos en campo que nos demuestren a más detalle las condiciones geológicas de esta falla que supeditan el funcionamiento del manantial, mediante instrumentación geofísica (resistivímetros y radar de penetración, para retratar los perfiles de resistividad y confirmar una infiltración).

Se recomendaría realizar una prueba experimental en campo tratando de dejar pasar agua potable o agua con valores químicos conocidos a través de una sección de esta falla con el fin de medir el tiempo, la migración e infiltración del líquido y corroborar si el manantial de Moyococha se ha visto alterado o contaminado a causa de este experimento.

Se calculó el caudal del río mediante el método de velocidad x área sin embargo los resultados no mantenían relación con lo visto en campo por ello se decidió no colocar la data ya que no era precisa.

Los estándares de calidad ambiental (ECA) están supeditados a regir aguas superficiales por ello se incluyó dentro de la comparativa a la muestra MA-02 procedente del río Mashcon, sin embargo por temas de investigación la muestra MO-01 también fue comparada ya que en el Perú solo se cuenta con el decreto Supremo N° 004-2017-MINAM que abarca aguas superficiales, se hace mención a la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Subterránea, realizada por el Ing. Edwin Mamani Vilcapaza, en el año 2012, comparando estándares de calidad de agua subterránea de otros países como Brasil,

Republica Dominicana, entre otros y así generando límites para la propuesta del ECA para agua subterránea en Perú, sin embargo a la fecha no hay aprobación de dicha propuesta. Por lo que se trabajó con el decreto supremo antes mencionado.

La litología más próxima a la zona consta de depósitos cuaternarios en la parte NO al manantial, siendo en un inicio un gran candidato a zona de recarga por infiltración de aguas de manera directa y sin control estructural, por la zona N-E del manantial se encontró tobas volcánicas en las paredes de cortes de carretera y construcciones de pozas artesanales, notando como situación relevante el escurrimiento y presencia de agua por dichas paredes por lo que apoyo más la idea de que tal vez la recarga de este manantial sea de las partes superiores del valle de Cajamarca por percolación de aguas meteoricas, dejando de relacionarlo con la falla cizaña N-S que corta el valle, sin embargo para ambos casos los factores de la temperatura, componentes químicos y microbiologicos como el sílice no apoyaban esta idea ya que las zonas presentaban una distancia relativamente corta hasta el manantial y contaminación superficial, factor que alteraría de manera exponencial los índices numéricos del ensayo de laboratorio.

Para escoger el punto ideal para la toma de muestra en el rio Mashcon, se tuvieron que fijar dos variables, no tener presencia de centros urbanos aledañas a los márgenes del rio por la acumulación de basura y desechos y seguir un curso a lo largo de la falla, por ello no se tomó muestras en la zona de Huambocancha baja o Samanacruz y se proyectó hasta el sector del caserío San Antonio.

El pH, la temperatura fueron parámetros no específicos en donde ambas muestras simulaban resultados similares, sin embargo en Solidos Totales disueltos (ppm) y conductividad eléctrica estrechamente relacionada hubo diferencias puntuales que demostraron que MO-01 y MA-02 se presentaban en contextos, ambientes distintos, configurando y analizando en

las escalas graficas esas pequeñas diferencia separaban ambas muestras de límites permisibles para su uso posterior en diferentes ámbitos, al potable.

Un limitante para la continuación seguida y prolongada de toma de datos de parámetros no específicos en campo y con instrumentación hidrogeológica fue el tiempo que se presentaba en los últimos meses, un corto tiempo limito bastante el análisis continuo hidrogeológico con lo que se tuvo que recurrir a información histórica y antecedentes locales de estudios relacionados. A parte de ello la coyuntura actual y la desconfianza por parte de gente que hace uso y vive cerca de la zona de estudio quito tiempo y genero incomodidades trayendo como consecuencia días de estudio perdidos buscando la zona exacta de salida del manantial. Sin embargo se logró ubicar a los responsables del uso del manantial el señor presidente del JASS del sector, el señor Leonardo Escobar y el dueño del terreno, se pudo llegar a un acuerdo y se brindó todas las facilidades posibles para que el estudio sea factible.

4.2 Conclusiones

Las principales características del manantial Moyococha están en su composición química que rige su clasificación como agua cálcica y/o magnésica del tipo sulfatada, teniendo como parámetros químicos sobresalientes al Calcio, Potasio, Magnesio, Silicio, Cloruro y Sulfato, siendo los valores numéricos del Ca, Mg, SO₄, los que condicionan la clasificación y nos ayudan a determinar una posible zona de recarga en relación al ambiente litológico de las formaciones presentes en la zona. Con respecto a los parámetros de pH se cuenta con un pH de 7,42 (agua alcalina), temperatura de 16 °C una temperatura que demuestra un agua de tipo frio a templada con zona de recarga de una profundidad media, CE, TDS, están en los límites permisibles para uso de agua potable, rigiéndonos por las normas legales de los estándares de Calidad Ambiental (ECA) en su última actualización en el año 2017. Otra característica resaltante es la geología ya que próximo a la salida de agua hay deposito cuaternario fluvial, que litológicamente son formadores de acuíferos de agua

fría, mientras que a 1 Km al NE se encuentran formaciones volcánicas, tobas que muestran en sus paredes filtración de agua. Lo que conlleva a pensar que el manantial Moyococha hay infiltración de agua por parte de estas zonas, comportamiento que explicaría la presencia de sílice en el análisis químico del agua, consecuentemente la Fm. Carhuaz superpuesta a la Fm. Farrar a consecuencia de la falla de cabalgamiento pone en contacto litología favorable para la recarga del manantial Moyococha, corroborado por los análisis químicos la arenisca junto con la intercalación de lutitas y arcillas componen material magnésico y cálcico que data el análisis de laboratorio, con lo que se considera que el Rio Mashcon sector San Antonio si es una zona de recarga para el manantial Moyococha.

Los antecedentes estructurales mencionan que la falla de cabalgamiento que cruza el valle de Cajamarca con dirección N-S es causal de la formación de acuíferos, siendo el manantial de Moyococha un caso más regido además por una falla inferida de desgarre que cruce el manantial de manera transversal, la falla de cabalgamiento cumple con las condiciones de formaciones litológicas para el escurrimiento y formación de redes hídricas que forman manantiales debido a que la capa impermeabilizante de lutitas y arcillas proporcionan que le agua dificulte su infiltración mientras que la arenisca de grano fino permite el movimiento de agua por efecto de la gravedad.

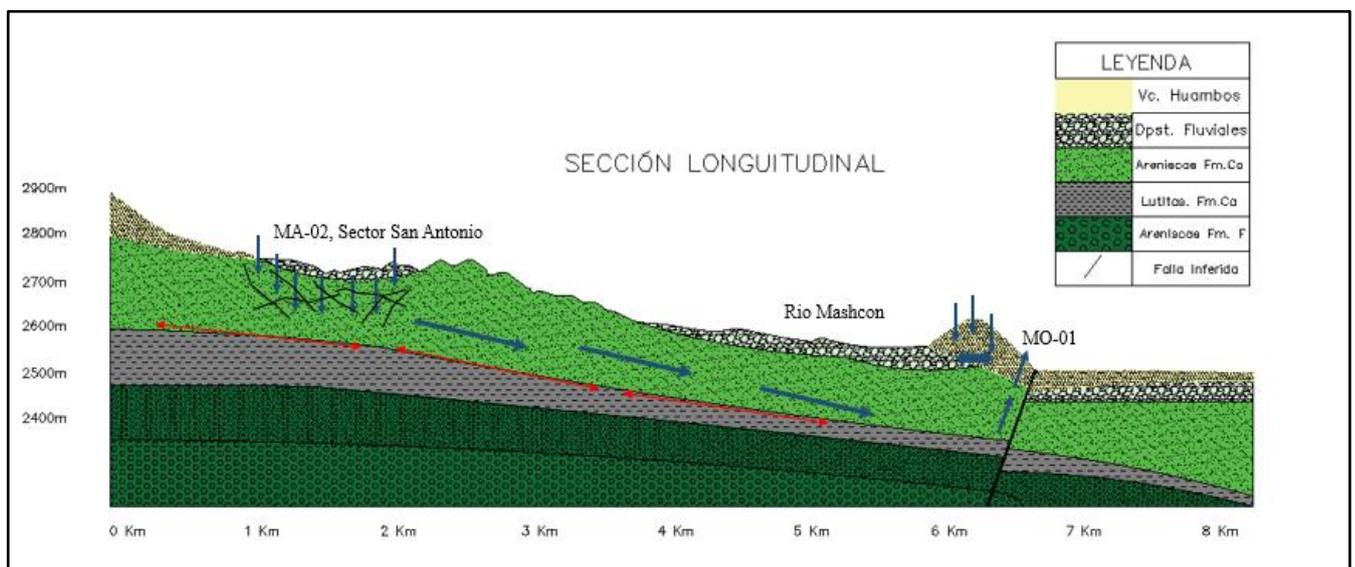
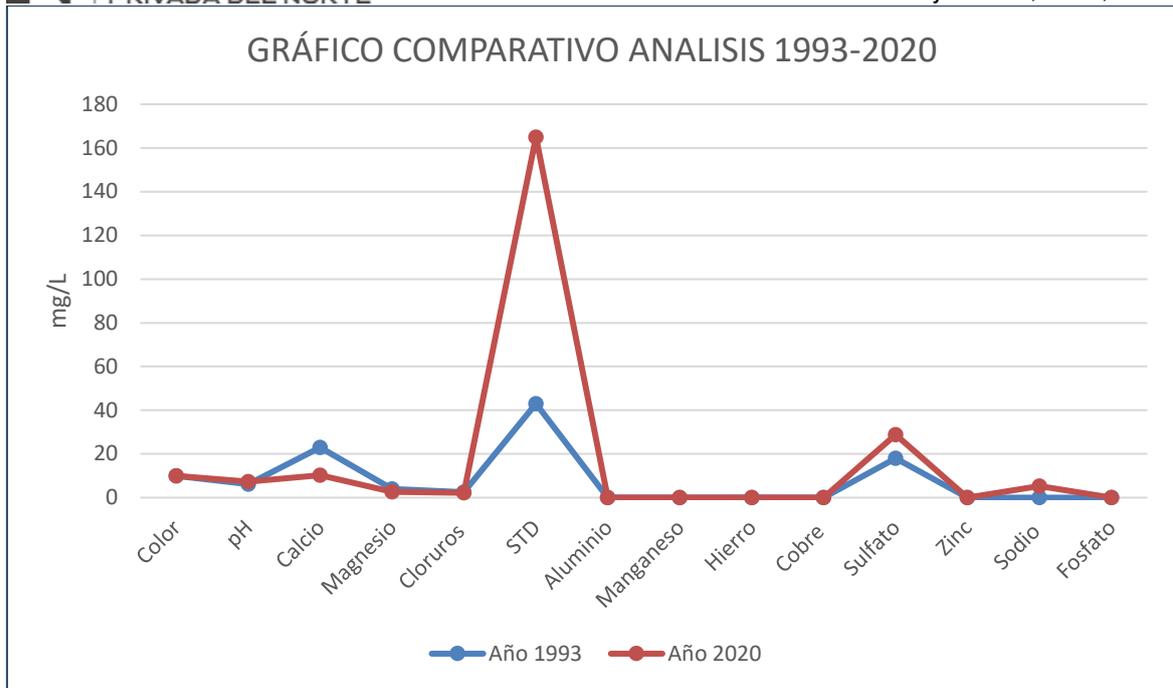


Figura. 62. Modelo Hidrogeológico conceptual.

Fuente: Propia.

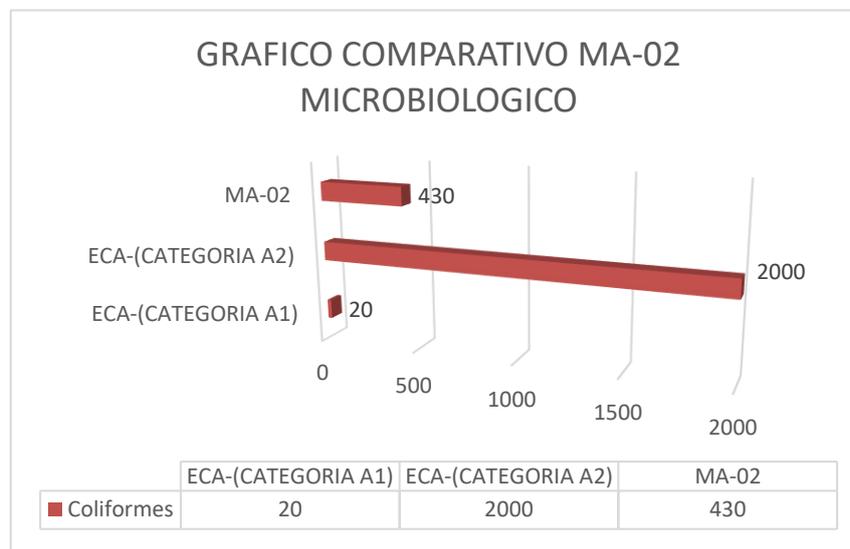
La comparación de análisis de las aguas del manantial Moyococha demuestran un cambio en pH siendo en el año 93 un agua acida de pH 6.12 mientras que los análisis actuales demuestran un cambio de pH 7.42 agua alcalina, interpretando que el ambiente de recorrido del agua es un ambiente con rocas de composición básica, en el parámetro de calcio se ve una disminución de 23 a 10.26 mg/l en el año 2020, situación contraria con el magnesio 0.4 a 2.673 mg/l en el análisis actual, en el índice cloruro hay una disminución de cantidad va de 2.5 a 2.290 mg/l en el 2020, las dos últimas variaciones son ínfimas, se puede interpretar como margen de error por método de ensayo entre laboratorios, situación del calcio se da debido a la erosión producido por el recorrido hídrico en su ambiente o piso de escurrimiento llevando consigo la composición química de la roca formadoras del acuífero, mientras que en los sólidos totales disueltos hay una gran diferencia entre índices numéricos lo que infiere que en el periodo de estos años el manantial ha estado expuesto a una mayor contaminación, los valores son los siguientes, 43 ppm en el año 93 y 165 ppm en el análisis actual, demostrando que hay mayor turbiedad en la fuente de Moyococha en el año 2020. El aluminio en el análisis actual ha presentado valor numérico de 0.035, mientras que en el antiguo no se tiene valor, por lo que se mencionó una infiltración de aguas meteóricas por parte del volcánico Huambos hacia el manantial empujadas por acción de la gravedad y el material, situación contraria a la del hierro que en el año 93 se tenía cuantificado con un valor de 0.09 pero en el análisis moderno no se tiene valor numérico. Continuamos con el sulfato un parámetro que ha aumentado su valor numérico en el rango de los 27 años, 18 mg/l en el 93 y 28.82 mg/l en análisis actual. Estos cambios de valores en parámetros químicos se deben a el ambiente de recorrido que sufre el manantial hasta su llegada a superficie con el pasar de los años el agua forma un sistema dinámico labrando y desgastando (erosionando) las paredes de su recorrido extrayendo y alterando su composición química, esto puede ser causal del cambio de pH que se menciona entre ambos análisis.



Los componentes químicos del río Mashcon varían en algunos parámetros de manera exponencial, como se mencionó anteriormente en el Sodio, Azufre, Sulfato, probablemente por ser una fuente hídrica superficial expuesta a mayores contaminantes exógenos, mientras que en parámetros como el Bario, Potasio, Fosforo, Silicio, Estroncio y cloruro, los datos puntuales con valores altos son el Sulfato (146 mg/L), calcio (50.97 mg/L) y magnesio (8.188 mg/L) parámetros que condicionan al río Mashcon como un agua sulfatada y/o cálcica, cationes tipo magnésica y aniones sulfatada, resultado que relaciona con el tipo de agua presente en el manantial Moyococha (cálcica y/o magnésica del tipo sulfatada) variando con respecto al índice numérico como se aprecia en los gráficos, (1 y 2), dicho factor altera la clasificación en aniones y cationes. Con respecto a los coliformes termotolerantes, gráfico (3), MA-02 presenta más debido a su condición de agua superficial sin embargo como se explicó anteriormente el recorrido la porosidad del ambiente de escurrimiento infiltra dichas bacterias mitigando la presencia de estas, llegando hasta MO-01 con valor de 2 NMP/100ML, este parámetro apoya el concepto de la zona de recarga por

la presencia de coliformes que traducen que la recarga proviene de una fuente superficial expuesta a contaminantes exógenos.

Los resultados fisicoquímicos e inorgánicos de ambas muestras están por debajo del límite permisible del ECA, ver gráficos, (6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14) sin embargo los estándares de calidad clasifican a MA-02, dentro de la subcategoría A2 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional), que tendría el siguiente procesamiento, captación, dosificación de reactivos (NaClO, NaClO₂, ClO₂), decantación, filtración y desinfección final. Esto debido al tema microbiológico, las coliformes termotolerantes pasan el límite permisible de la subcategoría A1, como se aprecia en el siguiente gráfico.



Para el manantial Moyococha la clasificación del ECA lo sitúa en la subcategoría A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección), esto se debe a que todos sus parámetros están por debajo de los límites permisibles, sin embargo hay presencia de coliformes termotolerantes, por lo que se debe hacer uso de compuestos químicos para la desinfección del agua como, hipoclorito de sodio, dióxido de cloro, sales de amonio, entre otros. “En datos experimentales, se observó también que en un 99% de los casos, la remoción de coliformes es total para temperaturas mayores de 55°C. Sin embargo, por razones de seguridad, es

veniente dejar un margen y establecer los 60°C como la temperatura mínima de desinfección” (Márquez, S/F).

REFERENCIAS

- Pérez, F., Prieto, F., Rojas, A., Galán, C., Marmolejo, Y., Romo, C., Castañeda, A., Rodríguez, J. y Barrado, E. (2003). *Caracterización química de aguas subterráneas en pozos y un distribuidor de agua de Zimapán*. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- FAO. (2016). Sitio Web AQUASTAT. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenida el 16 de junio de 2019 de <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/didyouknow/indexesp2.stm>
- Sahuquillo, A., Custodio, E. y Ramón, M. (2015). *La gestión de las aguas subterráneas*. España: Convenio Universidad de Sevilla-Ministerio de Medio Ambiente.
- Ortiz, R. (2005). *Estudio Hidrogeológico del Proyecto Minero Manantial Espejo-Provincia de Santa Cruz, Argentina*. Lima-Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Posada, J., Roldán, G. y Ramírez, R. (2000). *Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedra Blancas, Antioquia, Colombia*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Portocarrero, D. (2010). *Manejo sostenible del agua subterránea con fines de riego en el valle de Acari*, Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Aguilar, L. (2018). *Análisis litomorfoestructural y su relación con el comportamiento hidrogeológico en la sub cuenca del río Hualgayoc*. Cajamarca-Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.

- Gallardo, G. M. (2007). *Introducción a la metodología de la investigación educativa II*. Guadalajara: Progreso.
- Rubio, L. (2004). *Manual de Estadística*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Aznar, A. (2000). *Determinación de los parámetros Fisicoquímicos de la calidad de Aguas*. Madrid, España: Instituto Tecnológico de Química y Materiales
- Cruz, J. O.(2018). Guía de Investigación Científica. Rubio, L.(2014). *Manual de Estadística*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Digesa. (2015). *Parámetros Organolépticos*. Lima, Perú.
- Burbano, O. (2013). *Cartografía Hidrogeológica*. INAMHI: España.
- Vincent, P. (1981). *El cuerpo. Anatomía, fisiología, biología e higiene*. Editorial Reverté, S. A.: México
- Pimienta, J. (1980). *La captación de aguas subterráneas, segunda edición*. Barcelona –España: Editores Técnicos Asociados, s.a.
- Lopez, J., Pulido, A., Baquero, J. (2005). *Agua, minería y media ambiente*. Madrid: España: Instituto Geológico y minero de España.
- Hach Company, (2017). Recuperado el 10 de Octubre del 2020 de; https://latam.hach.com/cms-portals/hach_mx/cms/documents/Que-s-la-conductividad-Final.pdf
- Hernández, F. (1991). *La investigación-Acción Participativa y la Producción de Conocimientos*. Revista de Faces. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad de Carabobo.
- Reza, F. (1997). *Ciencia Metodología e Investigación*. México: Longman de México Editores, S.A de C.V.

- Cegarra, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Ospino, R. (2004). *Metodología de la investigación en ciencias de la salud*. Colombia: Editorial Universidad Cooperativa de Colombia.
- Toro, I y Parra, R. (2006). *Métodos y conocimiento: metodología de la investigación*. Medellín: Colombia. Fondo editorial Universidad EAFIT.
- Rodríguez, E. (2005). *Metodología de la Investigación*. México: Universidad de Juárez Autónoma de Tabasco.
- Ferreira, R., Mogollón A., Santos, M., Delgado, M., Vargas, I., (2006). *Introducción a las técnicas cualitativas de investigación aplicadas en salud*. Catalunya: España. Cursos GRAAL 5.
- Peña, F. y Siveryn, O. (S/F). *Modelo Hidrogeológico del Funcionamiento de las Fuentes Termales de Baños del Inca, Cajamarca-Perú*. Lima:Perú; INGEMET-Universidad de Liberec-Republica Checa.
- Maderey, L. (2005). *Principios de Hidrogeografía. Estudio del Ciclo Hidrológico*. México: Instituto UNAM Geografía para el siglo XXI.
- Campos, D. (1998). *Procesos del ciclo hidrogeológico*. San Luis de Potosí, México: 3ra. Reimpresión. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería. San Luis Potosí, México.
- Silvia, G. (2005). *La cuenca del río Orinoco: visión hidrográfica y balance hídrico*. Mérida: Venezuela. Revista Geográfica Venezolana.
- Sheng, T. (2010). *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Estudio y planificación de cuencas hidrográficas*. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.

- Aigues de Mataró. (2015). Dureza del Agua. Recuperado el 24 de Octubre del 2020 de, <https://www.aiguesmataro.com/es/dureza-del-agua>
- Fernandez, M. (2020). *Hidrogeología aplicada con aspectos ambientales*. Cuba: Editorial Digital Universitaria Moa.
- Rodríguez, S. (2010). *La dureza del agua*. Argentina: Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional–U.T.N. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe
- Montes, G. (2005). *Recursos hidrogeológicos*.
- Gonzales de Vallejo, L. (2004). Ingeniería Geológica. Madrid: España. Pearson Educación.
- Márquez, L. (S/F). *Desinfección Solar*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec. México.
- Pérez, B. (2008). *El agua subterránea en el parque de la sierra de Huetor (Granada)*. España: Instituto Geológico y Minero de España.
- PennStateExtension. (2020). Bacterias Coliformes. Recuperado el 28 de octubre del 2020 de <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>

ANEXOS



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

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



INACAL
DA - Perú
Organismo de Acreditación

INFORME DE ENSAYO N° IE 0920355

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			MO-01	MA-02	-	-	-	-
Código Laboratorio			0920355-01	0920355-02	-	-	-	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	-	-	-	-
Descripción			Subterránea	Superficial	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Moyococha	Huambocancha Abta	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Disueltos					
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	0.036	<LCM	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.026	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.030	0.044	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cálcio (Ca)	mg/L	0.124	10.26	60.97	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.051	3.787	2.828	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.017	<LCM	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	2.673	8.188	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.026	6.277	18.07	-	-	-	-
Níquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.024	0.078	0.120	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.091	12.13	66.07	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.104	10.17	12.82	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.083	0.468	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cerio	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM	<LCM	-	-	-	-

Cajamarca, 18 de Septiembre de 2020.

DL LUIS ALBERTO MARCHI S/N. URB. EL BOSQUE, QUIMACAMA - PERÚ
e-mail: laboratorio@lapra.org.pe / laboratorio@lapra.org.pe FONOS: 093000 2200 1140

Página: 2 de 3

Figura. 63. Informe de Ensayo Análisis Químico.
Fuente: Laboratorio regional del agua.



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

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



INACAL
D.L. - Perú
Organismo de Acreditación
N° 000019732 - 004

INFORME DE ENSAYO N° IE 0920355

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código de la Muestra	MD-01	MA-02	-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0920355-01	0920355-02	-	-	-	-	-	-
Matriz	NATURAL	NATURAL	-	-	-	-	-	-
Descripción	Subterránea	Superficial	-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Moyococha	Huambocancha Alta	-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	2.290	4.826	-	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Nitrato (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.054	3.153	<LCM	-	-	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	28.82	148.0	-	-	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	<LCM	<LCM	-	-	-	-

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

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	2.0	430	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.5, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VC: valor estimado

Figura. 64. Informe de ensayo Análisis Químico y Bacteriológico.

Fuente: Propia.

REGION NOR ORIENTAL DEL MARAÑON
SUB REGION DE SALUD IV
DIRECCION SALUD AMBIENTAL.

VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO HUMANO

LOCALIDAD : *Moyococha* PROVINCIA : *Cajamarca*
FUENTE : *Manantial "Moyococha"*
FECHA DE MUESTREO : *0-21-07-93* HORA : *7.30 a.m*
FECHA DE ANALISIS : *0-21-07-93* HORA : *10.00 R. M.*

I.- ANALISIS : FISICO-QUIMICO.-

- Turbiedad	: 03	UNT
- Color	: 10	U de Coloz.
- Olor y Sabor	: <i>Agutable a los consumidores</i>	
- PH	: 6.8	7°C - 27°C.
- Acidez	: -	mgr/l.
- Alcalinidad	: 24.5	mgr/l.
- Calcio (Ca)	: 23	mgr/l.
- Dureza Total (Ca CO ₃)	: 27	mgr/l.
- Magnesio (Mg)	: 0.4	mgr/l.
- Dioxido de Carbono (CO ₂)	: -	mgr/l.
- Oxigeno Disuelto O ₂	: -	mgr/l.
- Cloruros (Cl)	: 2.5	mgr/l.
- Solidos Totales	: 47	mgr/l.
- Aluminio (Al)	: -	mgr/l.
- Manganeso (Mn)	: -	mgr/l.
- Hierro (Fe)	: 0.09	mgr/l.
- Cobre (Cu)	: 0.0	mgr/l.
- Sulfato (SO ₄)	: 1.8	mgr/l.
- Sulfito (SO ₃)	: -	mgr/l.
- Zinc (Zn)	: -	mgr/l.
- Sodio (Na)	: -	mgr/l.
- Fosfato (PO ₄)	: -	mgr/l.

II.- ANALISIS : METALICO.-

- Arsenico (As)	: -	mgr/l.
- Cadmio (Cd)	: -	mgr/l.
- Cromo (Cr)	: -	mgr/l.
- Cianuro (CN)	: -	mgr/l.
- Fluoruro (F)	: -	mgr/l.
- Mercurio (Hg)	: -	mgr/l.
- Nitrate (NO ₃)	: 0.2	mgr/l.
- Nitrito (NO ₂)	: -	mgr/l.
- Plomo (Pb)	: -	mgr/l.
- Selenio (Se)	: -	mgr/l.

OBSERVACIONES: *Resultados que se encuentran dentro los límites permitidos por el MINSA-OPS. Agua apta para el consumo humano*



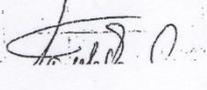


Figura. 65. Resultados de Análisis Fisicoquímico año 1993.

Fuente: Región Nor Oriental del Marañón Sub Región de Salud IV Dirección de Salud Ambiental.

ALS CORPLAB

INSTRUCTIVO DE TRABAJO N° 013 **Revisión: 04**

**INSTRUCTIVO BASICO PARA LA TOMA,
DISTRIBUCION, REGISTRO Y ENVIOS DE MUESTRAS
DE AGUAS Y SUELOS - CLIENTES**

INST N° 013
Revisión: 04

Fecha: 06 de Febrero del 2015

Redactó	Revisó y Aprobó
<p>Daniel Polo Coordinador Preparación de Materiales-Sede Lima</p>	<p>Alembert Portugal Gerente de Operaciones – UEN Perú</p>

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO" A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL

Figura. 67. Instructivo Básico Para la Toma, distribución, registro y envíos de muestra de aguas y suelos-Clientes.

Fuente: ALS CORLAB

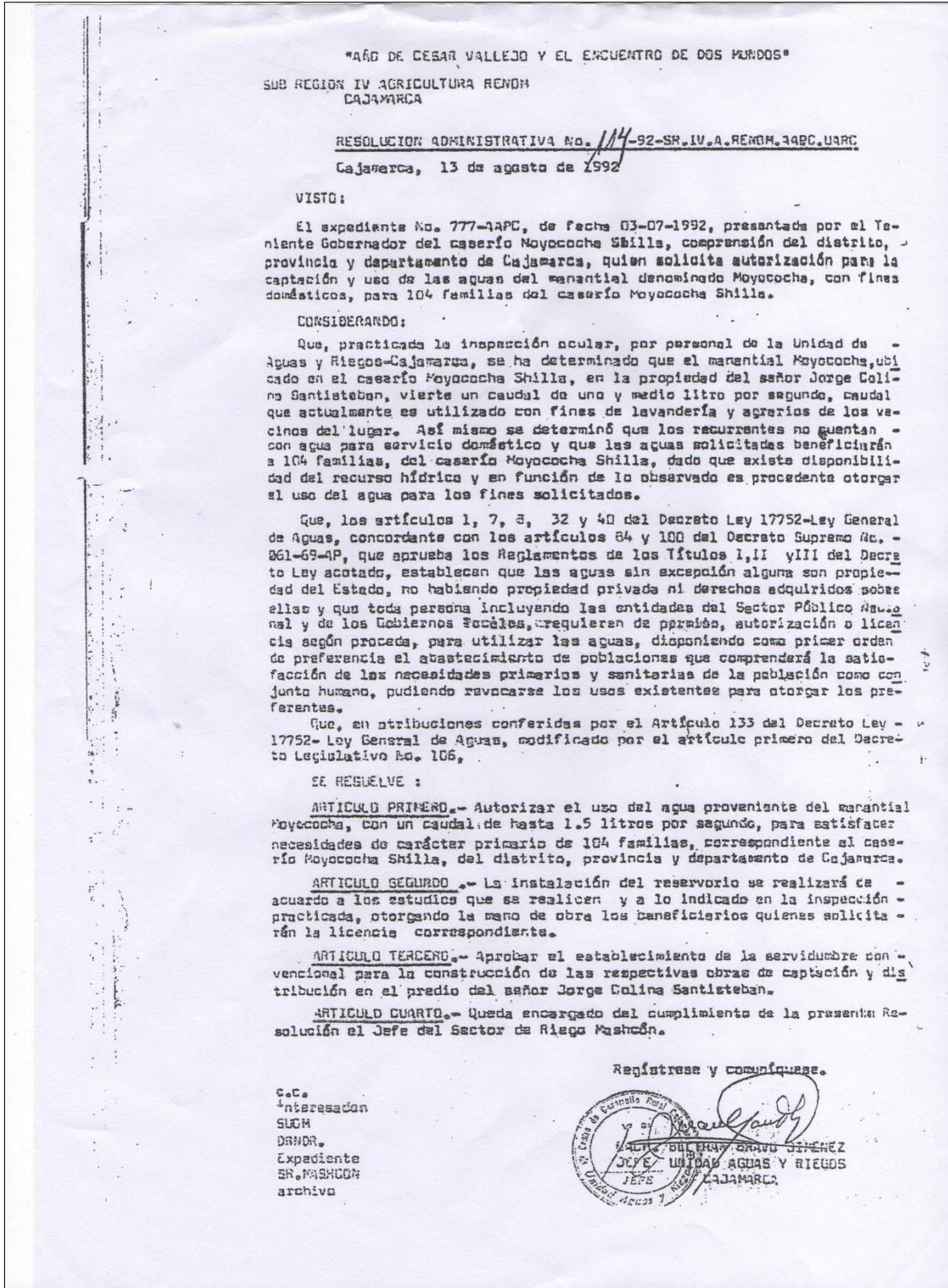


Figura. 68. Expediente manantial Moyococha.

Fuente: Sub Región IV Agricultura Cajamarca. Expediente N°777-AAPC.

**MEMORIA DESCRIPTIVA PARA FORMALIZACION DE USO DE AGUA
SUPERFICIAL POBLACIONAL**

Departamento: Cajamarca
Provincia: Cajamarca
Distrito: Baños del Inca

1. INTRODUCCION

El agua superficial, proviene del manantial “Poso Moyococha” es utilizado para consumo humano de la Población de la Localidad de Moyococha, La Shilla y La Molina.

El recurso hídrico abastece a 650 habitantes, y se encuentran constituidos como una organización comunal denominada Junta Administradora de Agua Potable Moyococha, la Shilla y la Molina.

El recurso hídrico se utiliza desde el año de 1990 y son abastecidos a través del Sistema de Agua Potable cuyos componentes Principales son: Captación de Fondo, Cisterna, Reservorio, electrobomba sumergible de 7HP, Línea de Impulsión, Línea de Distribución y 150 conexiones domiciliarias.

Mediante la presente memoria descriptiva se describe el uso del agua que viene haciendo la población de Moyococha, La Shilla y la Molina, la cual es objeto de regularización a través del otorgamiento de Licencia de uso de agua, al amparo de la Segunda Disposición Complementaria Final de la ley 29338. Ley y Recursos de Hídricos.

2. OBJETIVO

El objetivo es el de acreditar la disponibilidad Hídrica que se viene usando y la existencia de infraestructura hidráulica, para aprovechar aquella disponibilidad

3. EVALUACION HIDRICA

3.1 Ubicación

La población de Moyococha, Shilla y La Molina que viene usando el agua se ubica:

José P. Ponce de León
José P. Ponce de León
INGENIERO AGRONOMO
Reg. CIP N° 47241

Figura. 69. Memoria Descriptiva para formalización de uso de agua superficial poblacional.

Fuente: Municipalidad distrital de Baños del Inca.

USUARIOS MOYOCOCHA	
1.	AGUSTIN TERRONES HERRERA /
2.	OFELIA HUAMAN GALÁN /
3.	ANANIAS JAMBO ZAABEDRA /
4.	FRANCISCO GONZALES TERRONES /
5.	SEGUNDO SANCHEZ SARMIENTO <i>La Molina</i>
6.	CIRO JAVIER MUÑOZ DIAZ
7.	EDEAR GONZALES GALLARDO
8.	ROSA CAMPOS GONZALES
9.	TERESA GONZALES TERRONES
10.	MARIO CAMPOS TAPIA
11.	MARIA CAMPOS GONZALES
12.	MARTHA CAMPOS GONZALES
13.	JOSE CORTEZ INFANTE
14.	FAUSTO QUISPE MESTANZA
15.	EDIBERTO GONZALES ALFARO
16.	FILomena SALDAÑA BRIONES <i>Cam</i>
17.	FELICITA CASTREJON VALDIVIA
18.	JOSE CARAHUATAY HERAS
19.	PEDRO AYAY VASQUEZ
20.	OSWALDO CHUQUIMANGO LLANOS
21.	PABLO CHUQUIMANGO LLANOS
22.	JOSE GIL ORTIZ
23.	MARIA GARAY ORTIZ <i>La Molina</i>
+ 24.	JULIO BURGOS CHAVEZ - <i>Anatolia cerdan de Burgos.</i>
25.	PAULA E. POMPA ROJAS - <i>Paula Emperatriz Pompa de chagne.</i>
26.	JOSE F. AREVALO GUEVARA
27.	ANTONIA CARRANZA VALLEJOS
28.	MARIA T. CHAVEZ POMPA
29.	ROSARIO MEDINA ZAAVEDRA
30.	ROSARIO HUACCHA RAICO
31.	BERCELIA LOPEZ ORTIZ
32.	SEGUNDA PEREDA RUIZ
33.	MERARDO CONTRINA MENDOZA
34.	PABLO GUEVARA GOICOCHEA
35.	CELINDA VASQUEZ TERAN
36.	ESPERANZA VASQUEZ TERAN
37.	ARMANDINA GUEVARA GOICOCHEA
38.	PASCUALA VASQUEZ TERAN
39.	LUIS VASQUEZ TERAN
40.	MARILENI ROMERO GUEVARA
41.	FRANCISCO LLANOS GALLARDO
42.	HENRY HUAMAN LINARES
T 43.	SEBASTIANA SAMBRANO DE VASQUEZ, <i>Exequiel Vásquez Benarides.</i>
+ 44.	LEONCIO VARGAS CONTRINA - <i>MARIA Leticia Alarcón Cieza.</i>
T 45.	BALERIO TERRONES ARRIBASPIATA - <i>Cecilia Terrones Linares</i>
46.	SIXTO CHUQUILIN TERRONES - <i>Jesús Hermila Chuquilin Salazar (Hija)</i>
47.	SOCORRO LINARES ESTRADA
48.	CLEMENTE LINARES MALCA
49.	WILDER LINARES ESTRADA
50.	ISMÁEL BECERRA PRADO
51.	JOSE HUAMAN HUAMAN <i>Cam</i>
52.	FEDERICO LEIVA TERRONES

Figura. 70. Memoria descriptiva de usuarios Moyococha, La Molina y La Shilla.
Fuente: JASS



