

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS PROFESIONAL

**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA MICROCUENCA LA QUISPA,
CRISNEJAS - DISTRITO DE LA ENCAÑADA.**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTADO POR:
Bach. RUBY JACQUELINE BECERRA CASTRO

ASESOR:
M.Cs. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

CAJAMARCA – PERÚ
2019

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional de Cajamarca, mi Alma Mater, a los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica quienes me brindaron y siguen brindando sus conocimientos para mi desarrollo profesional y personal.

A los profesionales de diversas carreras con los que caminamos por distintos lugares para cumplir nuestra meta y seguir aprendiendo de la vida.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional y ser mi fortaleza cada día.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE FOTOS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	viii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1 Antecedentes teóricos de la investigación.....	3
2.2 Bases teóricas.....	4
2.2.1 El agua en el mundo : demanda, disponibilidad, calidad	5
2.2.2 El papel del ciclo del agua en el ecosistema.....	6
2.2.3 Proteger la calidad del agua de las fuentes.....	8
2.2.4 Hidrogeología.....	8
2.2.5 Parámetros de monitoreo del agua.....	16
2.2.6 Clasificación del agua.....	18
2.3 Definición de términos básicos.....	19
CAPÍTULO III	21
MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	21

	Pág.
3.1.3 Accesibilidad.....	21
3.1.4 Clima.....	23
3.1.5 Vegetación.....	27
3.1.6 Geomorfología.....	29
3.1.7 Hidrografía.....	34
3.1.8 Geología local.....	39
3.2 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
3.2.1 Metodología.....	47
3.2.2 Definición de variables.....	52
3.2.3 Técnicas.....	53
3.2.4 Instrumento y equipo.....	53
3.3 HIDROGEOLOGÍA.....	56
3.4 TRATAMIENTO,ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	57
3.4.1 Parámetros determinados en campo.....	58
3.4.2 Parámetros determinados en laboratorio	61
CAPÍTULO IV.....	65
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65
4.1 ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE MONITOREO DEL AGUA.....	65
4.1.1 PARÁMETROS DE CAMPO	65
4.1.2 PARÁMETROS DE DETERMINADOS EN LABORATORIO.....	67
4.1.3 CLASIFICACIÓN DEL AGUA	81
4.1.4 CONCENTRACIÓN DE IONES EN PORCENTAJE	82
4.1.5 CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS SEGÚN DIAGRAMA DE PIPER.....	86
4.1.6 CALIDAD DE AGUA.....	92
4.1.7 UNIDADES HIDROGEOLOGÍCAS.....	94
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	102
CAPÍTULO V.....	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
5.1 CONCLUSIONES.....	103

	Pág.
5.2 RECOMENDACIONES.....	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105

ANEXOS

Mapas temáticos

Resultados de las muestras

Gráficos de barras apiladas de las muestras

Fichas de recolección de datos

Datos meteorológicos - Senamhi -

Decreto supremo N° 004-2017-MINAM, (ECA) para agua.

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N°1. Definición de variables.....	53
Tabla N°2. Caudal de estaciones de muestreo.....	59
Tabla N°3. pH de muestras de agua.....	61
Tabla N°4. Estandarización de colores para tipos de acuíferos (Strucmeier y Margat,1995).....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Rutas hidrológicas generalizadas en un paisaje natural. (WWAP 2018).	7
Figura 2: División de una Cuenca Hidrográfica. (World Vision Canadá 2004).....	9
Figura 3: Almacenamiento de agua (Adaptación de McCartney y Smakhtin 2010)	10
Figura 4: Formaciones geológicas frente al agua (González de Vallejo 2004)....	11
Figura 5: Comportamiento habitual de un río (López 2011).....	12
Figura 6: Tipos de acuíferos según su textura (González de Vallejo 2004).....	12
Figura 7. Esquemas de acuífero libre y confinado (González de Vallejo 2004)...	14
Figura 8: Esquema de acuífero semiconfinado. (González de Vallejo 2004).....	14
Figura 9: Tipos de acuíferos (González de Vallejo 2004).....	14
Figura 10: Diagrama de Piper Hill Langelier (Fernández 2006).....	19
Figura 11: Accesibilidad hacia la microcuenca La Quispa(Google Maps 2018)....	22
Figura 12: Precipitación total mensual (Senamhi 2018).....	23
Figura 13: Humedad Relativa mensual (Senamhi 2017)	24
Figura 14: Variaciones de Temperatura máxima y mínima mensual (Senamhi 2017)	25
Figura 15: Horas de sol mensual (Senamhi 2018).....	25
Figura 16: Evaporación mensual (Senamhi 2018).....	26
Figura 17: Frascos con muestras de agua de los ríos para su análisis respectivo..	49
Figura 18: Delimitación de la microcuenca La Quispa, Google Earth.....	51
Figura 19: Coolers para conservar en temperatura optima las muestras.....	54
Figura 20: Frascos para muestras de agua con su respectivo rotulador.....	55
Figura 21: Lápiz rayador y lupa de geólogo.....	55

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto N°01: Rye Grass, Caserío de Tambomayo.....	28
Foto N°02: Plantación de alfalfa, caserío de San Martín.....	28
Foto N°03: Plantaciones de pino, ciprés (Cupressus sp), eucalipto.....	29
Foto N°04: Montañas moderadamente empinadas, Caserío Tambomayo.....	30
Foto N°05: Terraza fluvial adyacente al Río La Quispa, Caserío Santa Delia.....	31
Foto N°06: Planicies que se pueden observar en el Caserío de Tambomayo.....	31
Foto N°07: Colina con superficie de erosión semirredondeada, Caserío de San Martín.	32
Foto N°08: Valle con un perfil transversal en forma de V, típico curso alto de ríos....	33
Foto N°09: Río La Quispa, caserío Santa Delia con bajo caudal en mes estiaje....	35
Foto N°10: Río Tambomayo, con bajo caudal en mes de estiaje, caserío Tambomayo	35
Foto N°11: Quebrada Rosamayo en temporada de lluvia, mes de noviembre.....	36
Foto N°12: Río Las Quinuas en temporada de lluvia, mes de noviembre.....	36
Foto N°13: Río La Rinconada en temporada de lluvia, mes de noviembre.....	37
Foto N°14: Manatíal La Paccha 1, caserío San Martín, Distrito de la Encañada.....	38
Foto N°15: Captación del Manatíal La Paccha 1, caserío de San Martín.....	38
Foto N°16: Manatíal La Paccha 2, caserío de San Martín.....	39
Foto N°17: Estratos de calizas y lutitas con geometría de estratificación tabular...	41
Foto N°18: Calizas grises de grano fino, Fm. Pariatambo.....	41
Foto N°19: A. Afloramiento de la Formación Yumagual. B. Calizas margosas.....	42
Foto N°20: Afloramiento del Fm. Cajamarca, nótese la topografía Kárstica.....	43
Foto N°21: Materiales de composición de traquiandesita.....	43
Foto N°22: Roca de composición de traquiandesita.	44
Foto N°23: Vista de fenocristales de plagioclasas(Pgl.) y cristales de calcopirita (Cp)	44
Foto N°24: Terrazas formadas a los márgenes del río Tambomayo.....	45
Foto N°25: Depósito glacial en el Caserío de San Martín.....	45
Foto N°26: Anotación de las coordenadas UTM usando GPS-Garmyn, Quebrada Rosamayo.....	48
Foto N°27: Medida de anchura del río La Rinconada para determinación del caudal	59
Foto N°28: Medición de temperatura en el río Rosamayo.....	60
Foto N°29: Medición de Temperatura ambiente en el caserío de Tambomayo.....	60
Foto N°30: Estación M-01,Río La Rinconada.....	61
Foto N°31: Estación M-02,Río Las Quinuas.....	62
Foto N°32: Estación M-03,Quebrada Rosamayo.....	63

	Pág.
Foto N°33: Estación M-04,Río Tambomayo.....	63
Foto N°34: Estación M-05,Río La Quispa.....	64
Foto N° 35: Afloramiento de calizas del acuífero Cajamarca. Nótese evidencias de karstificación. Caserío de San Martín.....	95
Foto N°36: Depósito aluvial con presencia de gravas, bloques angulosos a redondeados dentro de una matriz de arena-limo-arcilla.....	96
Foto N°37: Afloramiento de calizas margosas intercaladas con lutitas del acuífero Yumagual.....	97
Foto N°38: Afloramiento de estratos de calizas y lutitas del acuífero Pariatambo, los estratos se encuentran muy fracturadas, Caserío Tambomayo.....	97

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1. Caudal m ³ /seg. de ríos y quebrada.....	65
Gráfico N°2. Temperatura de muestras de agua.....	66
Gráfico N°3. pH de muestras de agua.....	66
Gráfico N°4. Valores de Conductividad Eléctrica por muestra.....	67
Gráfico N°5. Valores de Sólidos totales por muestra.....	68
Gráfico N°6. Valores de Dureza Total por muestra.....	68
Gráfico N°7. Comparación de Dureza Total por muestra.....	69
Gráfico N°8. Valores de Fosfato por muestra.....	70
Gráfico N°9. Valores de Sulfato por muestra.....	70
Gráfico N°10. Contenido de Nitrato por muestra.....	71
Gráfico N°11. Contenido de Cloruro por muestra.....	72
Gráfico N°12. Contenido de Fluoruro por muestra.....	72
Gráfico N°13. Contenido de Aluminio por muestra.....	73
Gráfico N°14. Valores de Bario por muestra.....	74
Gráfico N°15. Contenido de Calcio por muestra.....	74
Gráfico N°16. Contenido de Hierro por muestra.....	75
Gráfico N°17. Contenido de Potasio por muestra.....	76
Gráfico N°18. Concentración de Magnesio por muestra.....	76
Gráfico N°19. Concentración de Sodio por muestra.....	77
Gráfico N°20. Concentración de Fósforo por muestra.....	78

	Pág.
Gráfico N°21. Contenido de Azufre por muestra.....	78
Gráfico N°22. Contenido de Silicio por muestra.....	79
Gráfico N°23. Concentración de Estroncio por muestra.....	79
Gráfico N°24. Contenido de Titanio por muestra.....	80
Gráfico N°25. Concentración de iones en porcentaje de meq/l, M-01.....	82
Gráfico N°26. Concentración de iones en porcentaje de meq/l, M-02.....	83
Gráfico N°27. Concentración de iones en porcentaje de meq/l, M-03.....	84
Gráfico N°28. Concentración de iones en porcentaje de meq/l, M-04.....	85
Gráfico N°29. Concentración de iones en porcentaje de meq/l, M-05.....	86
Gráfico N°30. Diagrama de Piper, M-01.....	87
Gráfico N°31. Diagrama de Piper, M-02.....	88
Gráfico N°32. Diagrama de Piper, M-03.....	89
Gráfico N°33. Diagrama de Piper, M-04.....	90
Gráfico N°34. Diagrama de Piper, M-05.....	91
Gráfico N°35. Diagrama de Piper para la microcuenca La Quispa.....	92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°01: Clasificación de áreas de una cuenca.....	10
Cuadro N°02: Tabla convencional de permeabilidad.....	15
Cuadro N°03: Valores de permeabilidad de terrenos naturales.....	16
CuadroN°04: Valores de permeabilidad y porosidad para clasificaciones hidrogeológicas.....	16
Cuadro N°05: Propuesta de clasificación para el pH.....	17
Cuadro N°06: Clasificación basada en la concentración total de sólidos disueltos....	18
CuadroN°07: Movimientos deformatorios a nivel regional en la parte Nor- Occidental del Perú.....	46
Cuadro N° 08: Unidades hidrogeológicas según el tipo de roca.....	56
Cuadro N °09: Parámetros de muestreo en Campo.....	58
CuadroN°10: Ubicación de estaciones de muestreo según coordenadas UTM – Datum WGS84.....	58
Cuadro N°11: Cationes y aniones de la microcuenca La Quispa en meq/l.....	81

	Pág.
Cuadro N°12: Iones predominantes (facies químicas de aguas) de la microcuenca La Quispa.....	81
Cuadro N°13: Porcentaje de concentración de iones, M-01.....	82
Cuadro N°14: Porcentaje de concentración de iones, M-02.....	83
Cuadro N°15: Porcentaje de concentración de iones, M-03.....	83
Cuadro N°16: Porcentaje de concentración de iones, M-04.....	84
Cuadro N°17: Porcentaje de concentración de iones, M-05.....	85
Cuadro N°18: Cationes y Aniones, M-01.....	86
Cuadro N°19: Cationes y Aniones, M-02.....	87
Cuadro N°20: Cationes y Aniones, M-03.....	88
Cuadro N°21: Cationes y Aniones, M-04.....	89
Cuadro N°22: Cationes y Aniones, M-05.....	90
Cuadro N°23: Muestras de agua en comparación con los ECA 3 (Riego de vegetales y bebida de animales).....	93
Cuadro N°24: Muestras de agua en comparación con los ECA 3 – Metales	93
Cuadro N°25: Muestras de agua en comparación con los ECA 3 – Metales	93
Cuadro N°26: Caracterización hidrogeológica de la Microcuenca La Quispa.....	100

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Meq	:	Miliequivalentes
pH	:	Potencial de hidrógeno
Mg	:	Miligramos
μS	:	MicroSiemens
cm	:	Centímetro
L	:	Litro
Q	:	Caudal
C.E.	:	Conductividad Eléctrica
STD	:	Sólidos Totales Disueltos
WWAP	:	Programa de las Naciones Unidas para la evaluación de los recursos hídricos en el mundo.
ECA	:	Estándar de Calidad Ambiental.
CA	:	Cultivos agrícolas
VE	:	Vegetación escasa
PN	:	Pastos naturales
PC	:	Pastos cultivados
FAO	:	Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura.
MINAM	:	Ministerio del Ambiente.
Aquastat	:	Sistema de información mundial sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural.
Veolia/IFPRI	:	International Food Policy Research Institute
PNUMA	:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la microcuenca La Quispa que se ubica en Distrito de La Encañada, Provincia y Departamento de Cajamarca con un área total de 85.10 Km²; cuyo objetivo principal es caracterizar la hidrogeología de la microcuenca, el cual consistió en la evaluación de la calidad del agua de 4 ríos y una quebrada. Las muestras de agua correspondientes fueron enviadas y procesadas en el laboratorio para posteriormente ser representadas e interpretar la variación de concentración de elementos químicos y parámetros fisicoquímicos del agua mediante gráficos, se realizó los diagramas de facies hidroquímicas determinando que el tipo de agua corresponde a la facie bicarbonatada cálcica. La mayor concentración del ión sulfato se determinó en el Río La Rinconada, esto debido a que dicho río discurre por rocas de composición volcánica y sedimentarias y este ión al mismo tiempo procede de la oxidación de sulfuros de las rocas, los demás ríos y quebrada solo discurren por rocas sedimentarias y depósitos cuaternarios. El pH de las muestras de los ríos La Rinconada y Las Quinuas se encuentran con poca acidez y de las demás muestras se encuentran cerca de la neutralidad. En cuanto a las unidades hidrogeológicas que predominan en la microcuenca son acuitardos sedimentarios, acuitardos volcánicos, acuíferos fisurados sedimentarios y porosos no consolidados.

Palabras claves: Hidrogeología, Unidades Hidrográficas, Microcuenca, Acuíferos.

ABSTRACT

The present investigation was developed in the La Quispa micro-watershed that is located in the District of La Encañada, Province and Department of Cajamarca with a total area of 85.10 Km²; whose main objective is to characterize the hydrogeology of the microbasin, which consisted in the evaluation of the water quality of 4 rivers and a stream. The corresponding water samples were sent and processed in the laboratory to later be represented and interpreted the variation of concentration of chemical elements and physicochemical parameters of the water by means of graphs, the diagrams of hydrochemical facies were made determining that the type of water corresponds to the facie Calcium bicarbonate. The highest concentration of sulfate ion was determined in the La Rinconada River, this because the river flows through rocks of volcanic and sedimentary composition and this ion at the same time comes from the oxidation of sulfides from the rocks, the other rivers and ravine only run through sedimentary rocks and quaternary deposits. The pH of the samples from the La Rinconada and Las Quinuas rivers are low and the other samples are close to neutrality. As for the hydrogeological units that predominate in the microbasin, they are sedimentary aquitards, volcanic aquitards, fissured sedimentary and porous aquifers that are not consolidated.

Keywords: Hydrogeology, Hydrographic Units, Microbasin, Aquifers.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Siendo el agua uno de los recursos naturales renovables de gran importancia, su manejo para un buen aprovechamiento es deficiente en algunas regiones esto debido a la falta de información sobre la calidad del agua y los factores geológicos que lo caracterizan, lo que conlleva a un impedimento para lograr el uso eficiente del recurso en diversas actividades como pecuarias, agrícolas, piscícolas, entre otras.

Es por eso que en la presente investigación se planteó la pregunta: ¿Cuáles son las características de las unidades hidrogeológicas de la microcuenca La Quispa?.

La Microcuenca La Quispa está caracterizada por diversos factores entre ellos litológicos, estructurales, geomorfológicos donde la red hídrica se encuentra emplazada sin embargo la alteración de drenajes por actividades antrópicas o por fenómenos naturales pueden generar cambios en la calidad de este por lo que al mismo tiempo se evaluó la calidad de los ríos y quebrada que conforman la microcuenca los cuales servirán de indicadores para su aprovechamiento adecuado de la población y zonas aledañas.

Considerando como base fundamental el cumplimiento de los objetivos planteados principalmente de caracterizar la hidrogeología de la microcuenca La Quispa, Crisnejas del Distrito de La Encañada; determinar la ubicación de ríos y quebrada; evaluar la calidad del agua mediante análisis fisicoquímicos y elaborar el mapa hidrogeológico debido a la importancia de contar con dicha información para el desarrollo de alguna actividad económico productiva.

El método de investigación fue inductivo donde se recolectaron datos de los hechos y fenómenos para llegar a la hipótesis, además se usó la observación para

conseguir los datos necesarios y llegar a la conclusión general teniendo en cuenta al mismo tiempo el tipo de investigación que fue descriptivo.

En los capítulos siguientes se describirá brevemente lo que se realizó:

Capítulo II. Marco Teórico que consta de antecedentes teóricos que se refiere a la revisión de trabajos previos que cuente con información sobre el tema; bases teóricas que son un conjunto de los conceptos y proposiciones, dirigido a explicar el problema planteado.

Capítulo III. Materiales y Métodos que describe la ubicación donde se realizó la investigación, el procedimiento que es la manera de ejecución a partir de la metodología haciendo uso de instrumentos y equipos correspondientes.

Capítulo IV. Análisis y Discusión de Resultados en el cual los resultados de dicha investigación se encuentran relacionados con el planteamiento de la hipótesis para poder así llegar a las conclusiones respectivas.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones donde dichas conclusiones son el resultado de los objetivos planteados, sugiriendo o solicitando al mismo tiempo ideas que complementen a una investigación beneficiosa.

Finalmente, las Referencias Bibliográficas, que se refiere a la reseña de cada fuente que se ha utilizado en la investigación; y los anexos que son los documentos adjuntos que forman parte de dicha investigación.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

FLORES (2014), Gestión integrada de los recursos hídricos, de la cuenca hidrológica del río papagayo, Estado de Guerrero, México. Propone una metodología de Gestión de los recursos hídricos en cuencas Hidrológicas que incluye a los componentes del agua superficial y subterránea de la zona.

VELÁZQUEZ (2013), Hidroquímica de las aguas subterráneas de la cuenca del río Duero y normatividad para uso doméstico. Evaluó la composición química de las aguas subterráneas utilizadas para uso doméstico, con énfasis en los metales pesados, dados sus efectos potenciales en la salud humana en la ciudad de México.

CARDONA (2003), Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Angeles, Honduras. Analiza la calidad y el riesgo de contaminación de las aguas superficiales.

RENAU (2010), Elementos minoritarios y traza en la masa de agua subterránea 080.021(Plana de Castelló). Origen y procesos asociados. España. Detecta la presencia de elementos minoritarios y traza como el boro, estroncio, litio, hierro, arsénico, vanadio algunos de procedencia geoquímica y otros que pueden estar asociados a procesos contaminantes.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

PEÑA (2015), Informe sobre la Hidrogeología de la cuenca de los ríos Jequetepeque y chamán, tomando como unidad de análisis las cuencas hidrográficas del territorio peruano, publicado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú- INGEMMET.

REYES (1980), Informe que corresponde al levantamiento geológico de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, ejecutados por el Servicio de Geología y Minería y publicados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú-INGEMMET.

WILSON (1984), Informe como parte del programa de levantamiento de la Carta Geológica Nacional, a la escala 1: 100,000 el cual se ha cartografiado una extensa área del norte del país.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

CHAVEZ (2014), Caracterización Hidrogeológica de la microcuenca del Río Pomagón -Llaucano, Centro Poblado de Llaucán, Bambamarca. Realiza análisis fisicoquímicos del río y manantiales e inventario de manantiales.

CORDOVA (2017), Calidad del agua en la microcuenca del río Challhuahuacho comparado con los estándares de calidad ambiental para riego y bebedero (ECA 3) en la zona de Challhuahuacho, Cotabamba – Apurímac – 2016. Determina la calidad de las aguas de río en los límites a la zona de crecimiento poblacional y urbanístico del distrito del mismo nombre, considerando el crecimiento repentino y acelerado para determinar el uso correcto.

PAJARES (2015), Clasificación hidrográfica y análisis geoquímico de las concentraciones de los elementos metálicos Cu, Ag y Au en la cuenca del río Jequetepeque, Cajamarca – La Libertad. Analiza la dispersión geoquímica de las concentraciones de los elementos metálicos Cu, Ag y Au en cada zona hidrográfica.

ROJAS (2017), Caracterización de aguas termales mediante análisis fisicoquímico en el caserío de Chotén –Distrito de San Juan. Analiza la composición de las aguas termales: Temperatura, conductividad, dureza, composición química del agua, entre otros para su caracterización fisicoquímica.

2.2 BASES TEÓRICAS

La gestión de los recursos hídricos requiere nuevas soluciones para contrarrestar los crecientes desafíos de la seguridad hídrica derivados del aumento de población y el cambio climático. Las tendencias actuales indican que alrededor de dos tercios de bosques y humedales se han perdido o degradado desde el inicio del siglo XX. El suelo se está erosionando y su calidad se está deteriorando. La contaminación del agua ha empeorado desde la década de 1990 en la mayoría de los ríos de

África, Asia y América Latina. Sabemos también que la escasez de agua puede conducir a disturbios civiles, migraciones masivas e incluso conflictos dentro y entre los países. Audrey Azoulay.

2.2.1 EL AGUA EN EL MUNDO: demanda, disponibilidad, calidad.

El uso global del agua se ha multiplicado por seis en los últimos 100 años (Wada et al., 2016). La demanda mundial de agua ha ido aumentando a un ritmo del 1% anual aproximadamente en función del aumento de población, el desarrollo económico y los cambios en los patrones de consumo, entre otros factores, y seguirá creciendo de manera significativa en las dos próximas décadas. (Aquastat, sin fecha). La demanda industrial y doméstica de agua aumentará mucho más rápidamente que la demanda agrícola, aunque el sector agrícola seguirá siendo el principal consumidor de agua en el mundo.

En la actualidad, se estima que hay 3.600 millones de personas (casi la mitad de la población mundial) que viven en áreas con riesgo de sufrir escasez de agua al menos un mes al año, y esta población podría llegar a alcanzar entre 4.800 y 5.700 millones en 2050.

El uso del agua subterránea a nivel mundial, principalmente para la agricultura, asciende a 800 Km³/año en la década de 2010, con India, Estados Unidos (EE. UU.), China, Irán y Pakistán (en orden descendente) representando el 67% de las extracciones totales en todo el mundo (Burek et al., 2016). La extracción de agua para las áreas de regadío se ha identificado como el principal motor del agotamiento de las aguas subterráneas en todo el mundo.

Las principales áreas que están sujetas a las amenazas de calidad del agua se correlacionan en gran medida a las densidades de población y las áreas de crecimiento económico, con los escenarios a futuro siendo determinados en gran parte por los mismos factores. Desde la década de 1990, la contaminación del agua ha empeorado en casi todos los ríos de África, Asia y Latinoamérica (PNUMA, 2016a). Se espera que el deterioro de la calidad del agua aumente durante las próximas décadas, lo que conlleva un incremento de las amenazas para la salud humana, el medio ambiente y el desarrollo sostenible (Veolia/ IFPRI, 2015).

La escorrentía pluvial urbana contaminada, los efluentes de la minería e industrias extractivas, incluyendo los vertidos industriales, la carga de sedimentos y el

transporte de desechos sólidos en los cuerpos de agua, también tienen impactos directos en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, causando a veces una severa contaminación por sustancias químicas y metales pesados.

Se estima que el 80% del total de las aguas residuales industriales y municipales se libera al medio ambiente sin ningún tratamiento previo, lo que resulta en un deterioro creciente de la calidad general del agua con impactos perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas (WWAP, 2017).

2.2.2 EL PAPEL DEL CICLO DEL AGUA EN EL ECOSISTEMA.

Las rutas hidrológicas del ciclo del agua afectan las propiedades físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas (Figura 1). Los procesos biológicos en un paisaje, y especialmente en los suelos, son influenciados por la calidad del agua a medida que se mueve a través de un sistema, así como en la formación del suelo, la erosión, el transporte y depósito de sedimentos, todos los cuales pueden ejercer una importante influencia en la hidrología. También hay grandes flujos de energía asociados a este ciclo impulsado por la naturaleza: por ejemplo, el calor latente relacionado con la evaporación puede ejercer un efecto de enfriamiento.



- REFERENCIAS**
- A.-Lluvia y/o nevada
 - B.-Captura de precipitación horizontal
 - C.- Interceptación, evaporación
 - D.- Transpiración
 - E.- Precipitaciones directas y escorrentía cortical
 - F.- Flujo superficial del exceso de infiltración
 - G.- Infiltración
 - H.- Flujo subsuperficial lateral en los estratos del suelo
 - I.- Flujo subsuperficial lateral en roca no consolidada y/o roca sólida

- J.- Flujo superficial de saturación
- K.- Flujo del río (o flujo del canal)
- L.-Flujo de agua subterránea lateral

Figura 1: Rutas hidrológicas generalizadas en un paisaje natural (arriba) y un entorno urbano (abajo). (WWAP 2018)

2.2.3 PROTEGER LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS FUENTES

Las cuencas hidrológicas recogen, almacenan, filtran y suministran agua a las comunidades de todos los tamaños. La protección de las fuentes de agua reduce los costos de su tratamiento para los proveedores urbanos, contribuye a mejorar el acceso al agua potable en las comunidades rurales y también puede proporcionar agua de calidad adecuada para otros usos, como el riego agrícola.

McCartney y Smakhtin (2010), sugirieron que la planificación de almacenamiento a nivel de cuenca fluvial y regional debería considerar una cartera de opciones de almacenamiento de superficie y subsuperficiales (y sus combinaciones) para alcanzar los mejores resultados ambientales y económicos frente a la creciente variabilidad de los recursos hídricos. (Figura 3)

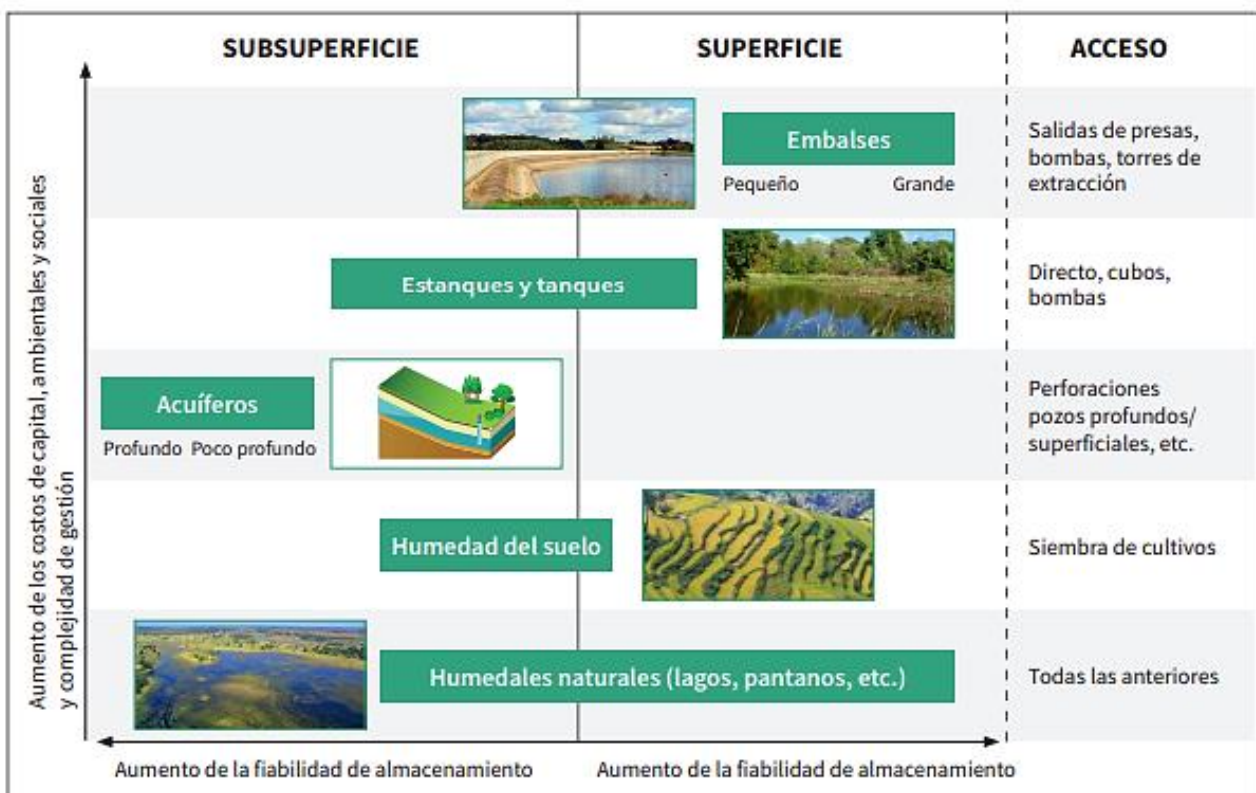


Figura 3: Almacenamiento de agua (Adaptación de McCartney y Smakhtin 2010).

2.2.4 HIDROGEOLOGÍA

La hidrogeología es la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas,

su interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas), así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación.

Los estudios hidrogeológicos son de especial interés no solo para la provisión de agua a la población sino también para entender el ciclo vital de ciertos elementos químicos, como así también para evaluar el ciclo de las sustancias contaminantes, su movilidad, dispersión y la manera en que afectan al medio ambiente, por lo que esta especialidad se ha convertido en una ciencia básica para la evaluación de sistemas ambientales complejos (Mijailov, 1985).

2.2.4.1 Cuenca Hidrográfica

Es el espacio de terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en él se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal el cual se integra al mar, lago u otro río más grande. Este espacio se puede delimitar en una carta altimétrica, siguiendo la divisoria de las aguas “divortium aquarum”.

En una cuenca hidrográfica se ubican los recursos naturales suelo, agua, vegetación y otros, donde habita el hombre y en ella realiza todas sus actividades.

La restauración y protección de las cuencas hidrográficas se vuelve cada vez más importante en el contexto del mantenimiento del suministro de agua a las ciudades en rápido crecimiento.

Una cuenca hidrográfica puede dividirse de diferentes maneras, atendiendo al grado de concentración de la red de drenaje, define unidades menores como subcuencas y microcuencas. (Figura 2)

Subcuenca, es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca. Varias subcuencas pueden conformar una cuenca.

Microcuenca, es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de una subcuenca. Varias microcuencas pueden conformar una subcuenca.



Figura 2: División de una Cuenca Hidrográfica. (World Vision Canadá 2004)

Esta clasificación no es única, existen otros criterios relacionados con el tamaño de la cuenca y están relacionados con el número de orden de drenaje y/o con el tamaño del área que encierran.

Cuadro N°01: Clasificación de áreas de una cuenca.

ÁREA (Km ²)	NOMBRES
< 5	Unidad
5-20	Sector
20-100	Microcuenca
100-300	Subcuenca
>300	Cuenca

Fuente: Jiménez, Materón. 1986

Esta clasificación es relativa y puede no aplicarse a ciertas condiciones de regiones donde los rangos de las unidades son muy variables en magnitud, por eso muchas veces se deja a criterio de los especialistas quienes de acuerdo a la complejidad, detalles requeridos e importancia pueden distinguir que significa una cuenca grande o pequeña, o que considera una subcuenca o microcuenca.

2.2.4.2 Acuíferos

Los acuíferos pueden tener una gran capacidad de almacenamiento de agua. Esta capacidad no solo incluye aguas subterráneas que ya están en los acuíferos, sino también agua adicional. Un acuífero subterráneo es un amortiguador único para superar las fluctuaciones del suministro de agua natural. Por ejemplo, en áreas que enfrentan variaciones estacionales altas, el exceso de agua en períodos húmedos se puede almacenar en lugares subterráneos para mejorar posteriormente la disponibilidad de agua dulce durante los períodos secos.

Los acuíferos por tanto deben ser entendidos como formaciones geológicas subterráneas permeables, susceptibles de almacenar y transmitir el agua. Desde el punto de vista hidrogeológico, estas formaciones suelen dividirse en cuatro grupos principales como se observa a continuación, (González de Vallejo 2004):

	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	NULA	NULA	NULA	Granitos, gneises, mármoles

Figura 4: Formaciones geológicas frente al agua (González de Vallejo 2004).

-Acuíferos: capaces de almacenar y transmitir el agua (gravas, arenas, materiales calizos, etc.); son formaciones con **capacidad de drenaje alta** en las que se puede perforar pozos y sondeos con el fin de satisfacer las necesidades humanas de abastecimiento, agricultura, industria, ganadería.

-Acuitardos: capaces de almacenar el agua en cantidades muy importantes, pero la transmiten con dificultad; se suelen denominar con frecuencia formaciones semipermeables (limos, arenas limosas, arenas arcillosas) y su capacidad de drenaje es media a baja.

-Acuicludos: pueden almacenar el agua en grandes cantidades, pero no tienen la posibilidad de transmitirla y se drenan con mucha dificultad; el agua se encuentra

encerrada en los poros de la formación y no puede ser liberada (impermeable). (arcillas, arcillas plásticas, limos arcillosos).

-Acuífugos: formaciones incapaces de almacenar y transmitir el agua; están representados por las rocas compactas, como granitos y gneises, y a veces incluso calizas muy compactas sin carstificar; se muestran como impermeables salvo que exista fracturas que pueden permitir flujos.

El agua que circula por un río proviene de la escorrentía superficial y de la descarga de los acuíferos. Se dice por ello que un río es ganador cuando recibe agua de los acuíferos. Por el contrario, se dice que un río es perdedor cuando aporta agua de los acuíferos. Lo habitual es que se den ambos tipos de comportamiento a lo largo de un río, e incluso en un mismo tramo en diferentes épocas del año.



Figura 5: Comportamiento habitual de un río (López 2011).

2.2.4.3 Tipo de acuífero y su comportamiento

Desde el punto de vista de su textura, existen fundamentalmente tres tipos de materiales acuífero, que se representan para su mejor comprensión en la siguiente figura.

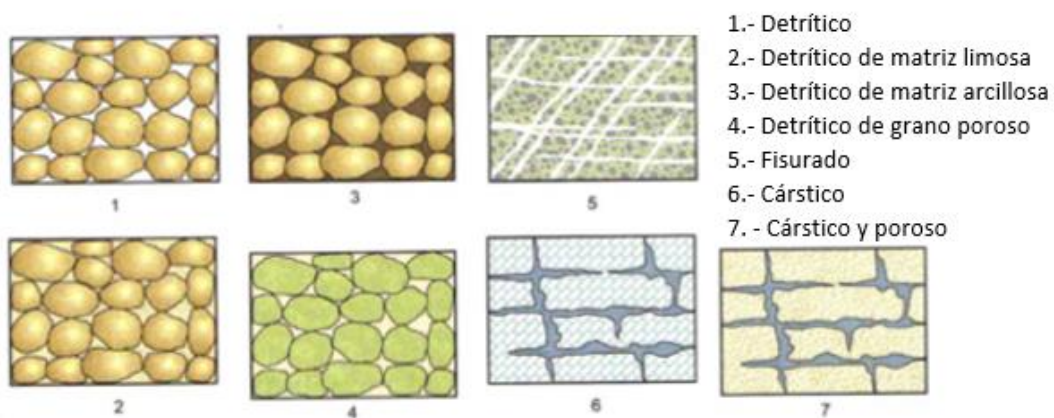


Figura 6: Tipos de acuíferos según su textura (González de Vallejo 2004).

Los denominados **acuíferos porosos**, cuya permeabilidad es debida a su porosidad intergranular; entre ellos se encuentran las gravas, arenas, arcosas y, en general, todos los materiales detríticos con tamaño de grano de arena como mínimo. La textura del medio está constituida por granos, permitiendo que el agua se almacene y circule por los huecos intergranulares; dichos huecos pueden estar rellenos de material granular muy fino, disminuyendo las características del medio para el almacenamiento y transporte de agua, o incluso estar rellenos de materiales arcillosos, dejando prácticamente anuladas estas características.

Aquellos cuya permeabilidad es debida a grietas y fisuras, tanto de origen mecánico como de disolución, forman en conjunto los acuíferos cársticos y fisurados, y se encuentran entre ellos las calizas, dolomías, granitos, basaltos, etc., siendo los dos primeros los tipos más importantes. La carstificación es un proceso de disolución por acción del agua en formaciones carbonatadas previamente fisuradas; los acuíferos cársticos son poco homogéneos a pequeña escala, pero suelen presentarse más homogéneos si la escala de trabajo es suficientemente amplia.

Por último, están los acuíferos cuya permeabilidad es debida a un conjunto de las dos anteriores causas, teniendo así los acuíferos cársticos y porosos. Son típicas las calacarenitas.

Por otra parte, los acuíferos, según sus circunstancias hidráulicas y estructurales, pueden funcionar de tres distintas formas, (Figura 7 y 8), (González de Vallejo 2004).

- **Acuíferos libres:** son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. Liberan agua por desaturación, es decir, el agua que ceden es el agua que tienen almacenada; este volumen de agua es alto en comparación con los acuíferos que se citan a continuación, y por ello tienen bastante inercia.

- **Acuíferos cautivos o confinados:** son aquellos que están aislados en el subsuelo, rodeados de materiales impermeables por todos sus lados.

El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo del material acuífero, en realidad están a presión o en carga, debido al peso de los materiales superiores.

- **Acuíferos semiconfinados:** los materiales que los rodean no son todos impermeables; así, el paquete superior o semiconfinante lo constituyen formaciones semipermeables, que permiten el paso del agua de otros acuíferos superiores al inferior semiconfinado.

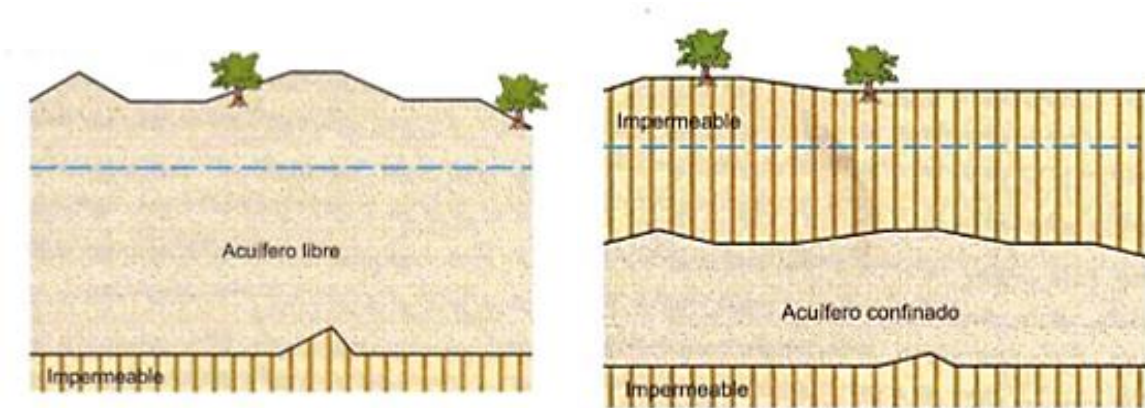


Figura 7. Esquemas de acuífero libre y confinado (González de Vallejo 2004).

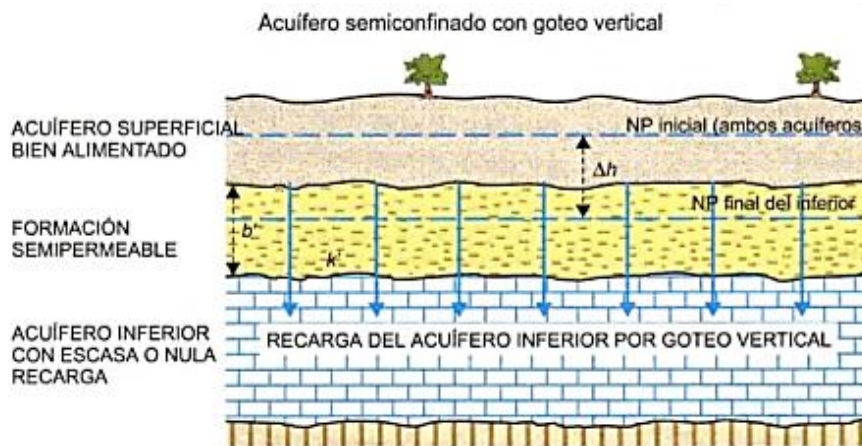


Figura 8: Esquema de acuífero semiconfinado. (González de Vallejo 2004).

En la Figura N°9 se sintetiza el tipo de acuíferos existente en la naturaleza, según su estructura y funcionamiento.

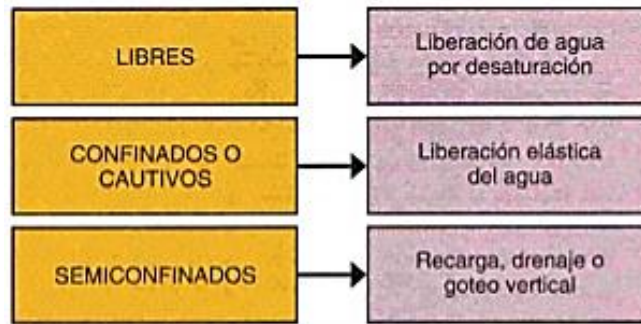


Figura 9: Tipos de acuíferos (González de Vallejo 2004).

2.2.4.4 Parámetros hidrogeológicos

El parámetro principal de rocas y suelos, que permite la circulación y almacenamiento de aguas subterráneas, es la permeabilidad. Se presenta en rocas por el intenso fracturamiento y en suelos por la inconsolidación de rellenos cuaternarios. En acuíferos fisurados, la dirección de flujo o de agua es controlada por el sistema de fracturas, fisuras, diaclasas y fallas.

La permeabilidad de la roca se indica en el Cuadro N°02:

- La permeabilidad propia o primaria (de intersticios) en rocas detríticas.
- La permeabilidad adquirida o secundaria, por fisuración, fracturamiento y alteración superficial, caso típico de las rocas calcáreas y volcánicas.

Cuadro N°02: Tabla convencional de permeabilidad

Valor (m/día)	Permeabilidad										
	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴
Calificación	Impermeable		Poco permeable		Algo permeable		Permeable		Muy permeable		
	Acuicludo		Acuitardo		Acuífero pobre		Acuífero medio a bueno		Acuífero		
Tipo de materiales	Arcilla compacta Granito		Limo arenoso Limo Arcilla limosa		Arena fina Arena limosa Caliza fracturada		Arena limpia Grava Arena fina		Grava limpia		

Fuente: (Benitez 1963).

Los valores de permeabilidad para terrenos naturales (no consolidados) establecidos, según la clasificación de Silin-Bekchurin, se resumen en el cuadro siguiente:

Cuadro N°03: Valores de permeabilidad de terrenos naturales

Material	K (cm/s)	K(m/día)
Grava limpia	>1	> 1000
Arena gruesa limpia	1 a 10^{-2}	1000 a 10
Mezcla de arena	10^{-2} a $5 \cdot 10^{-3}$	10 a 5
Arena fina	$5 \cdot 10^{-3}$ a 10^{-3}	5 a 1
Arena limosa	$2 \cdot 10^{-4}$ a 10^{-4}	2 a 0.1
Limo	$5 \cdot 10^{-4}$ a 10^{-5}	0.5 a 0.001
Arcilla	$< 10^{-6}$	< 0.001

Fuente: (Ingemmet 2015).

A nivel nacional se considera la clasificación de valores de permeabilidad y porosidad de acuerdo al componente litológico que tienen las Formaciones Geológicas del Cretáceo Superior e Inferior, Neógeno y depósitos cuaternarios (Cuadro N°04). Los cuadros N°02, N°03 y cuadro N°04 constituyen la base de referencia de la clasificación hidrogeológica regional.

Cuadro N°04: Valores de permeabilidad y porosidad para clasificaciones hidrogeológicas.

Clasificación hidrogeológica	Porosidad (m)	Permeabilidad (k)
Acuífero	Alta o moderada	Alta
Acuitardo	Alta o moderada	Baja
Acuicludo	Alta	Nula
Acuífugo	Nula o muy baja	Nula

Fuente: (Peña et.al.2010).

2.2.5 PARÁMETROS DE MONITOREO DEL AGUA

- El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidrógeno presentes en determinadas disoluciones. La sigla significa potencial de hidrógeno o potencial de hidrogeniones. Su medición se realiza fácilmente con un pH-metro bien calibrado, aunque también se disponen de papeles especiales que, por coloración indican el pH. (Dávila, 1995)

Cuadro N°05: Propuesta de clasificación para el pH

Componente	Clase	Apreciación	Localización
pH < 5	1	Fuerte Acidez	Manantiales y arroyos superiores de regiones graníticas, de turberas o forestales
5 < pH < 6	2	Acidez media	
6 < pH < 7	3	Poca acidez	
7 < pH < 7.5	4	Cerca de la neutralidad	Mayoría de aguas piscícolas de regiones calcáreas
7.5 < pH < 8	5	Poca alcalinidad	
8 < pH < 9	6	Alcalinidad media	Zonas inferiores de las redes de aguas cerradas o asimiladas; concentraciones verticales en facies léntica
pH > 9	7	Fuerte alcalinidad	Aguas poco piscícolas o de valores transitorios Concentraciones de vegetales en facies lénticas

Fuente: (Arrignon 1984).

- Temperatura

El agua de lluvia que recarga a los acuíferos tiene una temperatura ligeramente inferior a la temperatura ambiente local y muy similar a la del agua que se infiltra en el subsuelo. El agua de los acuíferos puede recibir calor procedente de fuentes como reacciones químicas, por pérdida de carga en la circulación, cuyos aportes son pequeños, mientras que el aporte por calor interno o gradiente geotérmico es prácticamente constante durante largos períodos de tiempo.

Normalmente, a la temperatura del agua le corresponde la temperatura media del aire, por lo tanto, la temperatura disminuye con la altitud. Es necesario tener en cuenta que la variación de la temperatura influye en la solubilidad de las sales y en el contenido en gases disueltos.

- Conductividad Eléctrica (CE)

En el boletín Hidrogeología de la cuenca del río Ica (Peña et al., 2010) definen a la conductividad eléctrica como el elemento que se encuentra estrechamente ligado a la mineralización del agua, su variación se debe al contacto de las aguas subterráneas con materiales solubles por efecto de la circulación en formaciones antiguas que contienen cantidades sustanciales de sólidos disueltos (sales, sulfatos, etc.).

En las aguas de alta pureza, la conductividad eléctrica del agua es muy baja, del orden de 0.045 $\mu\text{S}/\text{cm}$, este valor se eleva enormemente si entra en contacto con pequeñas cantidades de sales y puede llegar a ser un buen conductor eléctrico cuando contiene sustancias iónicas disueltas (Custodio & Llamas, 1996).

- Sólidos totales disueltos (TDS)

Son el peso que tienen todas las sustancias disueltas presentes en el agua, sean volátiles o no, se suele medir en ppm o en mg/l. Este parámetro puede verse afectado por los cambios en el pH y la temperatura, que pueden producir disolución o precipitación de sales. El TDS y la conductividad eléctrica están estrechamente relacionados, cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica.

Cuadro N°06: Clasificación basada en la concentración total de sólidos disueltos

Concentración total de sólidos disueltos	Clasificación
0-1,000	Agua dulce
1,000-10,000	Agua salobre
10,000-100,000	Agua salada
Más de 100,000	Salmuera

Fuente: (Davis y Wiest 1971).

- Concentración de elementos minoritarios y traza.

En las aguas naturales las sustancias disueltas están esencialmente en forma iónica; los constituyentes inorgánicos disueltos en las aguas subterráneas son clasificados como constituyentes mayoritarios si están en concentraciones mayores de 5 mg/l, constituyentes minoritarios, con concentraciones en el rango de 0.01 a 10 mg/l, y elementos traza con concentraciones menores de 0.01 mg/l (Davis and De Wiest, 1966; Doménico and Schwartz, 1990).

2.2.6 CLASIFICACIÓN DEL AGUA

- Facies hidroquímicas

El diagrama de Piper es utilizado como un gráfico efectivo para la representación de muestras de agua en estudios hidrogeológicos en el cual las agrupa en diferentes facies hidroquímicas.

Consta de dos triángulos en la base combinados con un rombo central que indica el carácter del agua. En los triángulos se representan aniones y cationes en tanto por ciento de meq/l. El carbonato se suele asociar al bicarbonato y el sodio al potasio. En la superficie del rombo queda representado el conjunto de todos los iones. De este modo cada muestra es representada por tres puntos, uno en cada triángulo y uno en el rombo.

Como todos los diagramas ternarios, las concentraciones iónicas representadas no son absolutas. El propósito principal de este diagrama es agrupar las muestras en familias, permitiendo averiguar la evolución del agua, fenómenos de mezcla.

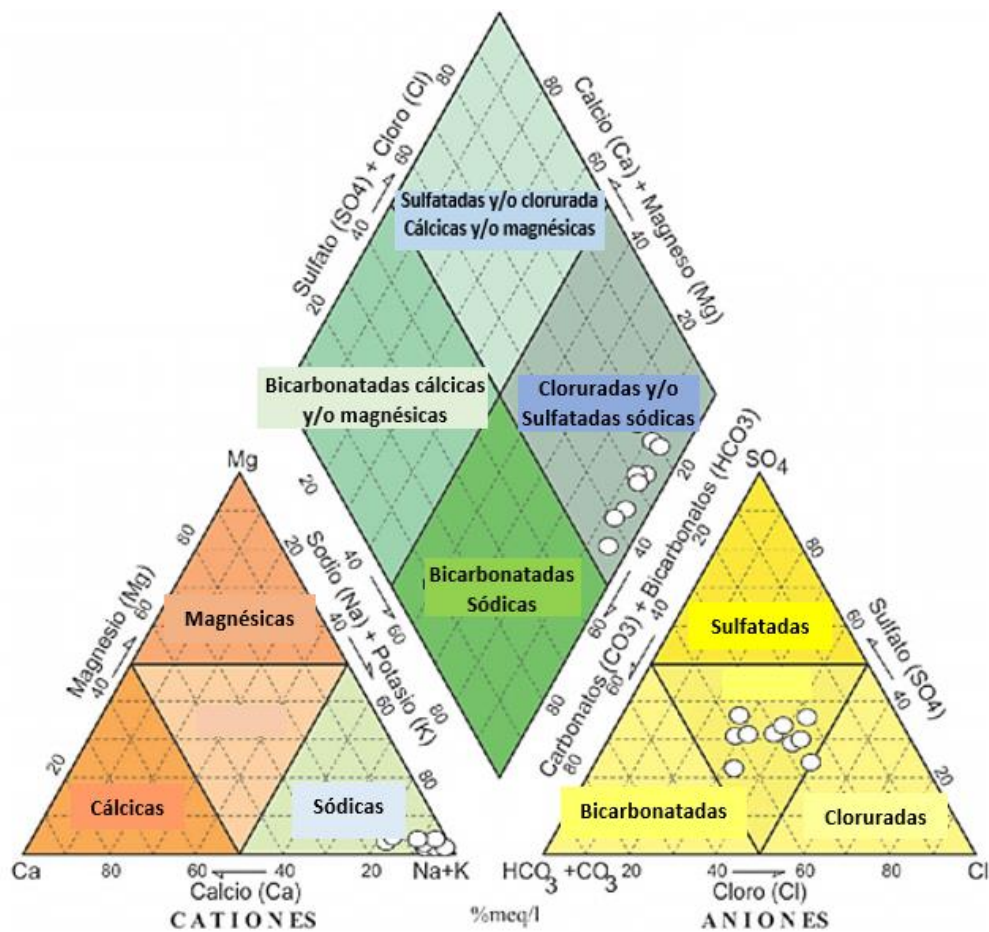


Figura 10: Diagrama de Piper Hill Langelier (Fernández 2006).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Agua. Es un compuesto químico formado por dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O), o un ión de hidrógeno y otro de oxidrilo (OH).

Su fórmula es H₂O. El agua es elemento fundamental para el desarrollo de la vida. Elemento vital, el pH del agua es 7. El agua constituye el agente principal de erosión, transporte y sedimentación de los materiales de la superficie terrestre. Las aguas se encuentran en la superficie terrestre conformando: las aguas de escorrentía o ríos, los lagos, las lagunas, los mares, las aguas subterráneas, etc. Casi siempre se hallan en movimiento provocando por lo tanto la erosión de los materiales de la superficie terrestre. La erosión es incrementada por los fragmentos rocosos que transporta y por las sales y ácidos disueltos que contiene. La erosión efectuada por las aguas varía de acuerdo al clima del lugar, tipo de suelo, tipo de roca, topografía. (Dávila 2011).

Río. Corriente de agua continua y más o menos caudalosa que va a desembocar en otra, en un lago o en un mar. (RAE)

Hidrogeología. Es la ciencia, parte de la geología que estudia el comportamiento y distribución de las aguas subterráneas. Los diferentes tipos de rocas y las Formaciones Geológicas que las contienen, teniendo en cuenta las estructuras. Además, la hidrogeología se ocupa también del aprovechamiento de las aguas subterráneas que el hombre puede darle en bien de la humanidad. (Dávila 2011).

Cuenca Hidrográfica. Es el espacio de terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en él se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal el cual se integra al mar, lago u otro río más grande. (Faustino 2000).

Acuífero. Son Formaciones Geológicas subterráneas permeables, susceptibles de almacenar y transmitir el agua. (González de Vallejo 2004).

Litología. Ciencia que estudia el origen, evolución y clasificación de las rocas. Se podría considerar como un sinónimo de petrología. (Dávila 2011).

Geomorfología. Es la ciencia que estudia las formas del relieve terrestre teniendo en cuenta su origen, naturaleza de las rocas, el clima de la región y las diferentes fuerzas endógenas y exógenas que de modo general entran como factores constructores del paisaje. (Dávila 2011).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 GEOGRÁFICA

La microcuenca La Quispa se ubica en la sierra norte del Perú, corresponde a la vertiente occidental de la cordillera de los Andes, el área de la microcuenca es de 85.10 km². La altitud de la microcuenca comprende de 2960 a 4000 m.s.n.m.

Geográficamente, el área de investigación se encuentra dentro de las coordenadas UTM – Datum WGS84 siguientes:

Norte: 9207500 y 9225000

Este: 792500 y 810000

3.1.2 POLÍTICA

Políticamente La microcuenca La Quispa se encuentra en el Distrito de La Encañada la cual limita con los distritos de Namora, Gregorio Pita, Oxamarca, Sucre, Sorochuco, Huasmin, Bambamarca, Hualgayoc, Tumbadén y Baños del Inca. En la Mapa N°01, se muestra la ubicación general de la microcuenca La Quispa.

Dicha microcuenca forma parte de la Cuenca Crisnejas la cual limita por el norte con la cuenca Jequetepeque e Intercuenca Alto Marañón IV–Lambayeque, por el sur con la Cuenca Santa, por el este con la Intercuenca Alto Marañón V, y por el oeste con la Cuenca Chicama (Mapa N°03).

3.1.3 ACCESIBILIDAD

El acceso principal a la microcuenca La Quispa es desde la ciudad de Cajamarca a través de la carretera pavimentada hacia el Distrito de Baños del Inca, pasando por el Centro Poblado de Puylucada correspondiente a este último, continuando por la Hacienda Chaquil, para llegar al Centro Poblado de Polloc (Mapa N°02) perteneciente al Distrito de La Encañada que es el acceso principal a la microcuenca, este Centro Poblado se une por diversas trochas carrozables a otros Centros Poblado como Tambomayo, San Martín y las Viscachas donde se ubican los ríos de La Quispa, Tambomayo, Las Quinuas y quebradas que forman parte de la microcuenca.

3.1.3.1 Distancia Estimada para el Acceso:

Descripción	Longitud (Km)
Cajamarca-Polloc	28.8
Polloc-Caserío San Martín	10
Polloc – Caserío Tambomayo	12

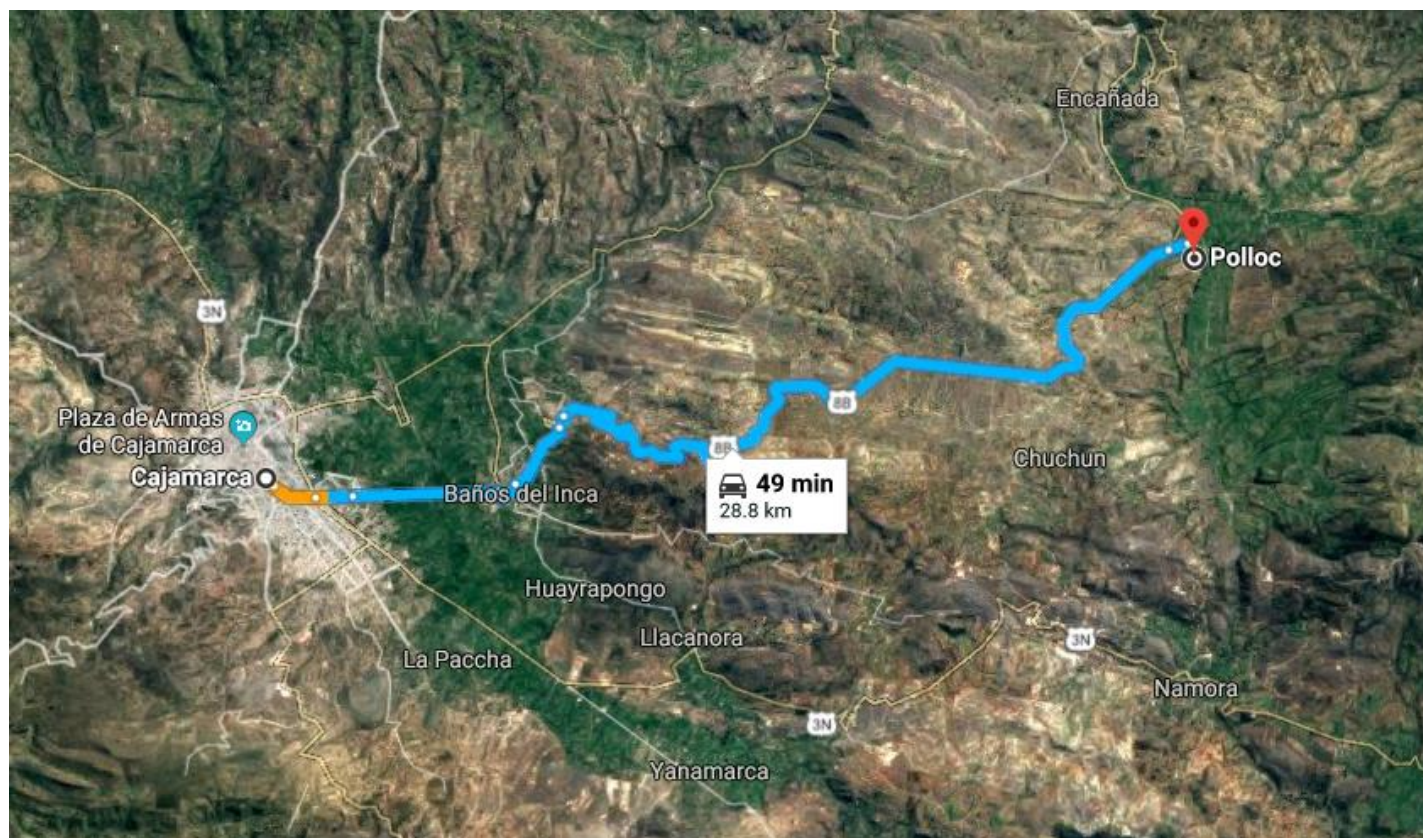


Figura 11: Accesibilidad hacia la microcuenca La Quispa (Google Maps 2018).

3.1.4 CLIMA

Las regiones naturales del Distrito de La Encañada son Quechua y Jalca con pisos altitudinales que van desde 2300 m.s.n.m a 3500 m.s.n.m y de 3500 m.s.n.m a 4100 m.s.n.m respectivamente. De acuerdo con Köppen el clima se clasifica como Cwb que corresponde a un clima templado con invierno seco.

3.1.4.1 Datos Meteorológicos

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) adscrito al Ministerio del Ambiente, cuenta con la Estación Meteorológica La Encañada ubicada en el distrito del mismo nombre, aproximadamente a 1.5 Km del río La Quispa, dando a conocer los registros para una caracterización climática. (Anexos)

A. Precipitación

La precipitación en el Distrito de La Encañada tiene dos períodos marcados durante el año (Figura 12), con precipitación abundante entre los meses de enero – mayo y octubre-diciembre, con registro máximo en los meses de Febrero (187.0 mm) y marzo (276.2 mm), la ocurrencia de escasa precipitación se da a partir del mes de junio hasta setiembre, con valor mínimo en julio (3.2 mm). La precipitación anual es de 984.8 mm en promedio.

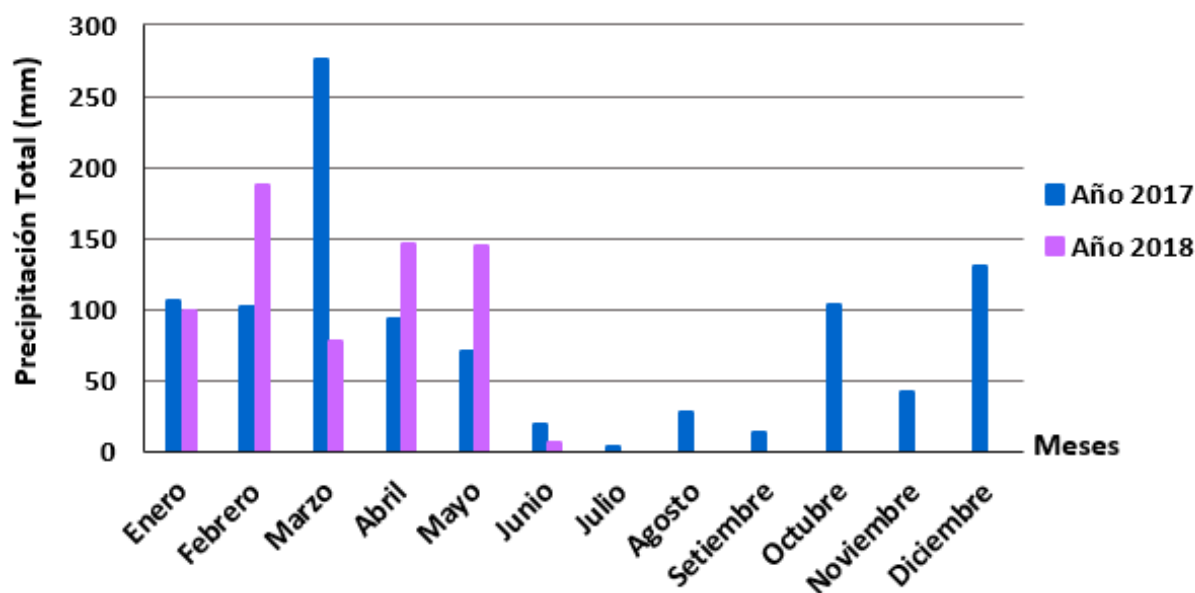


Figura 12: Precipitación total mensual (Senamhi 2018).

B. Humedad relativa

La humedad relativa es una medida del contenido de humedad del aire, se mide en porcentaje y está normalizada de forma que la humedad relativa máxima posible es el 100 %. La humedad relativa aumenta cuando desciende la temperatura.

Los datos de humedad relativa para la estación La Encañada muestra valores que interpretan que la humedad relativa es variable (Figura 13), fluctúa entre los 74 % (julio) a 86 % (marzo). En los meses de julio, agosto y setiembre la humedad relativa es baja en comparación a los meses faltantes por lo que asciende la temperatura provocando resequeidad en el ambiente.

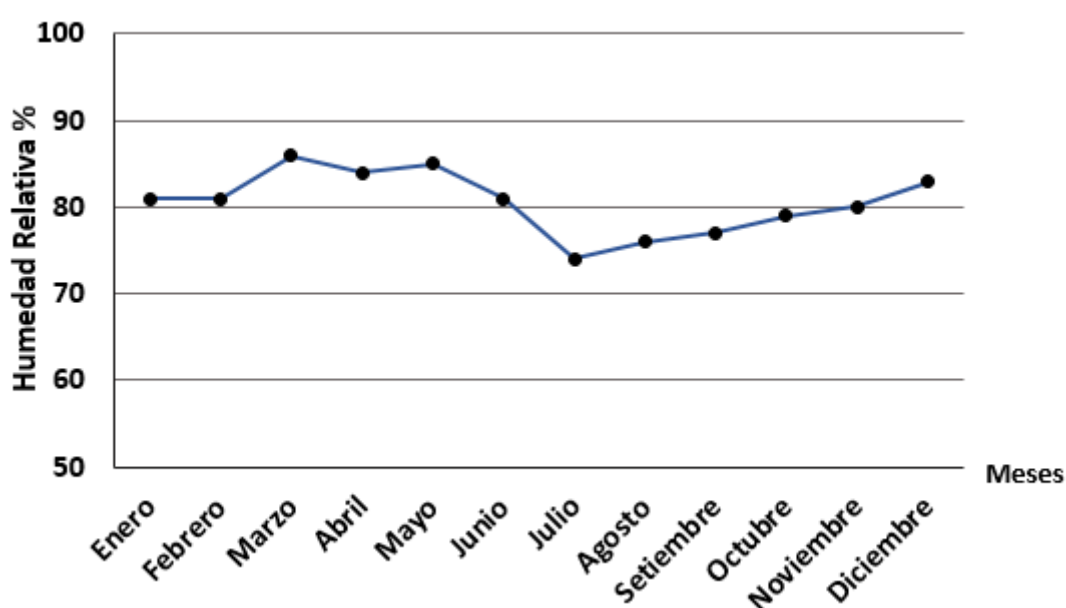


Figura 13: Humedad Relativa mensual (Senamhi 2017).

C. Temperatura

Se han obtenido registros de temperaturas a nivel mensual desde el año 2015 al 2018, considerando los valores máximos y mínimos del año 2017 (Figura 14), este parámetro está ligado al factor altitudinal siendo de condición semicálida a templada en las quebradas o valles interandinos y fría en las partes más altas, los meses de menor temperatura son junio (4.4 °C), julio (4.0 °C) y agosto (4.7 °C) y de mayor temperatura octubre (20.4°C) y noviembre (20.9 °C).

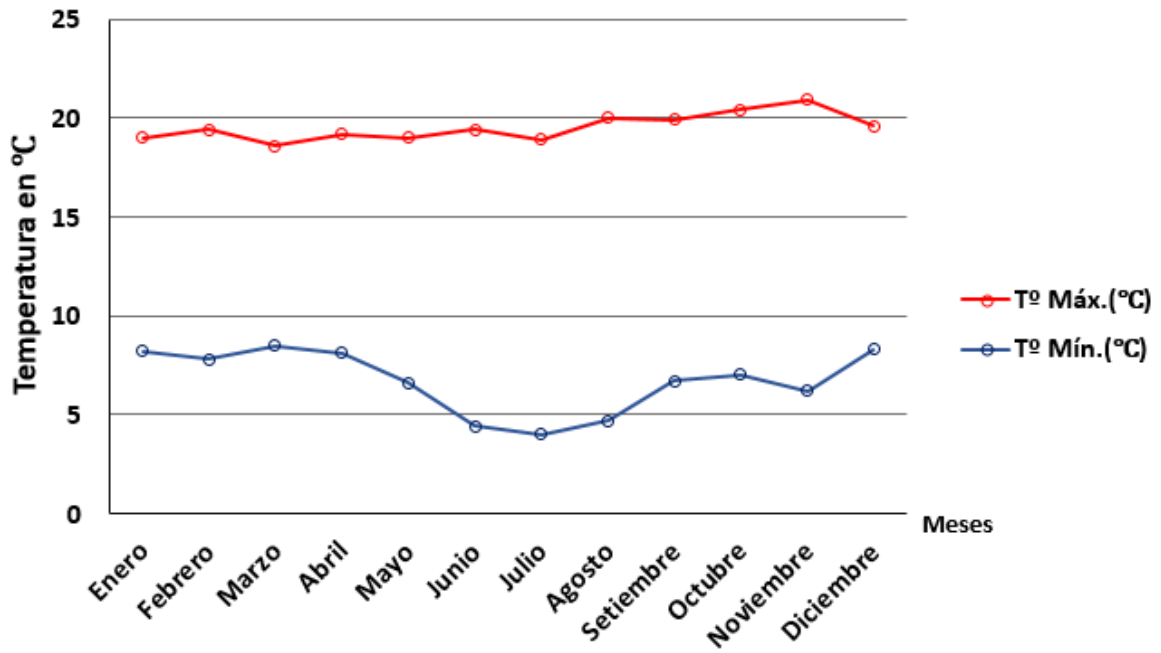


Figura 14: Variaciones de Temperatura máxima y mínima mensual (Senamhi 2017).

D. Horas de sol

Según el análisis realizado por el Senamhi, se ha determinado que la distribución de las horas de sol registra un comportamiento variable (Figura 15). Se observa valores altos durante los meses de junio (189.5), julio (241.5) y agosto (227.0) y de tendencia decreciente para los meses de enero-mayo y setiembre-diciembre, el cual se relaciona con los valores de precipitación respectivamente.

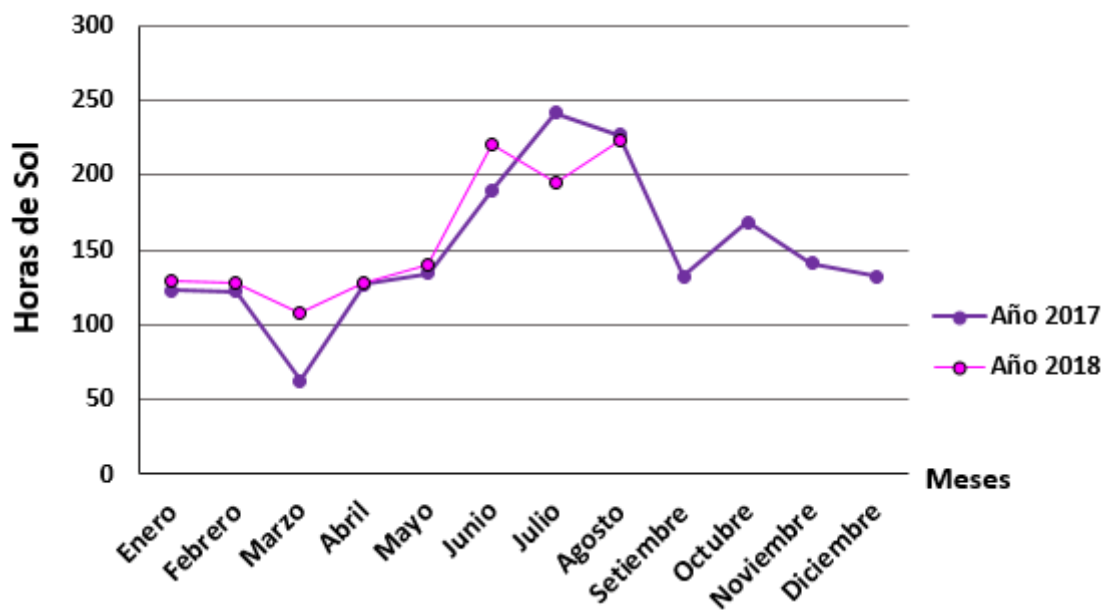


Figura 15: Horas de sol mensual (Senamhi 2018).

E. Evaporación

La información con respecto a este parámetro se muestra en la Figura 16, se observa que hay poca variación desde los meses de enero-mayo (74.7mm a 90.3mm) sin embargo para el presente año hubo un cambio brusco en el mes de mayo (17.3mm), luego los valores ascienden en los meses de junio, julio, agosto para descender a la cantidad de evaporación del ciclo inicial en los meses de durante los meses de setiembre - diciembre.

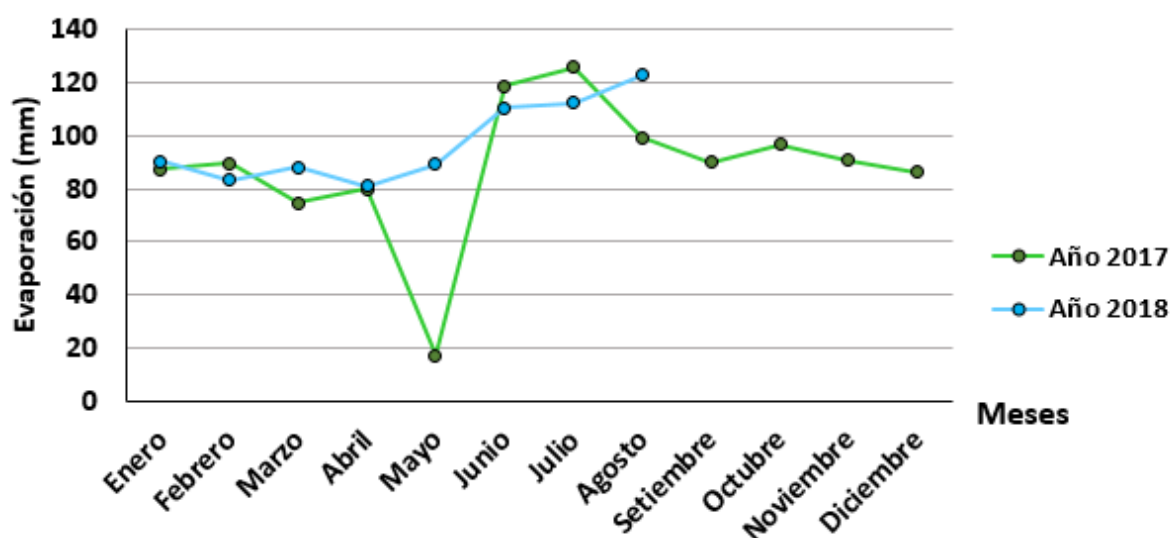


Figura 16: Evaporación mensual (Senamhi 2018).

F. Dirección del Viento

Define la procedencia del viento; en otras palabras, la dirección expresa el punto del horizonte desde el cual sopla el viento. Las particularidades geográficas del territorio nacional y la estacionalidad de diferentes sistemas de circulación en la atmósfera, permiten que el viento fluya en diferentes direcciones sobre las áreas continental y marítima. En el distrito de la Encañada durante los años 2015-2016 ha persistido la dirección NE (Nor-Este), sin embargo, para el año 2017 esta dirección a variado en el mes de noviembre y diciembre siendo la dirección del viento S (Sur) al igual que para el mes de febrero del presente año. (Anexos)

3.1.5 VEGETACIÓN

DESCRIPCION DE LAS ASOCIACIONES

Por la heterogeneidad de la cobertura vegetal en el territorio departamental, como consecuencia de la variabilidad en el relieve y en la dinámica de los factores climáticos y antrópicos, la referida cobertura, en el espacio de la naturaleza no se encuentra formando áreas uniformes, no permitiendo la espacialización solo de unidades puras; de allí que coberturas pequeñas para no ser discriminadas por la escala macro, necesariamente tienen que ser especializadas formando las respectivas asociaciones.

En el distrito de La Encañada se encuentran las siguientes asociaciones, (Alcántara, 2011):

a) Tierras con Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva

Los cultivos que predominan en estos mosaicos son el trigo, la cebada y en menor extensión el maíz, la papa, oca y ollucos, la mayor parte de los cuales son utilizados para autoconsumo.

b) Tierras con Cultivos Agrícolas, Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos

Esta asociación está constituida por cultivos agrícolas, vegetación escasa y afloramientos rocosos (CA: 50% y VE: 50%). Los cultivos agrícolas en este caso están constituidos por cereales por estar ubicados en suelos con pendientes pronunciadas y de escasa profundidad efectiva.

c) Tierras con Pastos Cultivados y Cultivos Agrícolas

Esta asociación se encuentra ocupada por cultivos agrícolas y pastos cultivados (CA: 50% y PC: 50%). Los cultivos agrícolas están representados por aquellos cultivos propios de cada lugar, como maíz, papa y los pastos cultivados mayormente representados por la asociación rye grass más trébol blanco.

d) Tierras con Pastos Naturales, Vegetación Escasa Afloramientos Rocosos

Esta asociación está constituida por pastos naturales, tierras con escasa vegetación y presencia de afloramientos rocosos (PN: 50% y VE: 50%). La mayor parte de estas unidades se ubican en zonas altas con escasa cobertura vegetal mayormente pastos naturales en mal estado de desarrollo asociado con afloramientos rocosos y suelos.



Foto N°01: Rye Grass, Caserío de Tambomayo.



Foto N°02: Plantación de alfalfa, caserío de San Martín.



Foto N°03: Plantaciones de pino (*Pinus* sp), ciprés (*Cupressus* sp), eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

3.1.6 GEOMORFOLOGÍA

Gran parte del territorio comprende la Cordillera de los Andes la cual se extiende de Sur a Norte a lo largo de toda la América del Sur. El rasgo orográfico más prominente en el Perú lo forma la Cordillera Occidental que se constituye en la divisoria continental entre las cuencas hidrográficas del Pacífico y del Atlántico. (Chacón,1995). El área de estudio corresponde a la Cordillera occidental.

3.1.6.1 Pendiente

De manera general, la pendiente del terreno y las precipitaciones pluviales tienen significativa importancia en los procesos de erosión de los suelos. El tamaño y la cantidad de material que el agua arrastra o lleva en suspensión depende de la velocidad con que ésta fluye, lo que a su vez es resultado de la longitud y el grado de pendiente del terreno (Suárez de Castro).

Para la elaboración del mapa de pendientes de la microcuenca se ha utilizado un mapa topográfico con curvas de nivel cada 20m para posteriormente generar el Modelo Digital de Elevación (MDE). Para la clasificación de las pendientes se utilizó las agrupaciones que determina (Hodgson, 1987), modificado, Mapa N°04.

a) Pendiente muy baja (0° - 3°), que conforman áreas de terreno casi llanas a lo largo del cauce de los ríos y quebradas de la microcuenca.

b) Pendiente baja (3° - 12°), abarca gran parte de la microcuenca, por las localidades de Santa Margarita, Santa Delia, Sierra Morena siendo áreas ligeramente inclinadas.

c) Pendiente media (12° - 30°), el cual comprende gran porcentaje de la microcuenca, son moderadamente inclinadas y se encuentran por las localidades de San Martín, Las Quinuas, Tambomayo.

d) Pendiente fuerte (30° - 45°), se ha podido reconocer en la zona de estudio que hay pocas áreas moderadamente escarpadas.

f) Pendiente muy fuerte ($> 45^{\circ}$), las distribuciones de áreas escarpadas o muy escarpadas son muy escasas en la microcuenca La Quispa.

3.1.6.2 Unidades Geomorfológicas

Para clasificar las unidades se utilizó las características de las unidades geomorfológicas relacionadas al patrón de drenaje y tipo de rocas según (Zuidam, 1986 y Carrillo, 1995), modificado.

a) Unidades Geomorfológicas por Proceso Morfoestructural.

Montaña moderadamente empinada

Unidad constituida por afloramientos de rocas sedimentarias de las Formaciones Chulec, Pariatambo, Yumagual con pendientes naturales comprendidas entre 30° y 50° , con vegetación densa y morfología variada, esta unidad ha sido erosionada por ríos y quebradas que han ido generando un fuerte desnivel y para constituir otro tipo de unidad geomorfológica como las terrazas.



Foto N°04: Montañas moderadamente empinadas con pendientes comprendidas entre 30° y 50° , nótese el cambio brusco de pendiente para conformar las terrazas, Caserío Tambomayo.

b) Formas de origen denudacional

Terraza fluvial

Unidad que corresponde a terrenos de pendiente baja adyacentes al río, el cual conforma terrenos de cultivo para su aprovechamiento. Está relacionado a los depósitos cuaternarios que por la acción fluvial de los cursos de agua van transportando grava, arena, arcilla.



Foto N°05: Terraza fluvial adyacente al Río La Quispa, Caserío Santa Delia.

Planicie

Unidad geomorfológica que posee un relieve de plano a plano ondulado, esta superficie plana se encuentra en la parte baja o faldas de los cerros y se caracteriza por tener pendiente suave generalmente entre los 0° y 5°.

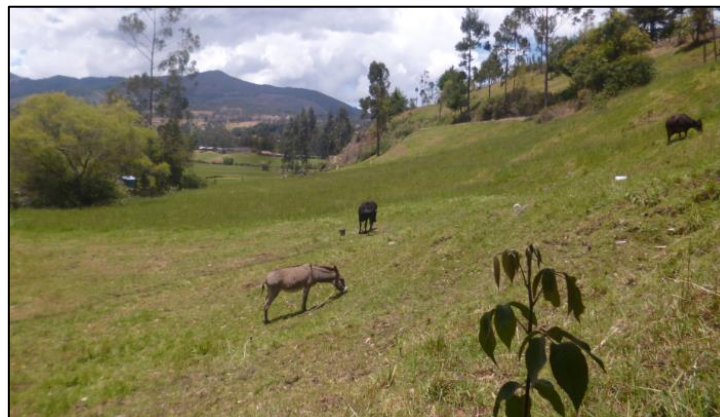


Foto N°06: Planicies que se pueden observar en el Caserío de Tambomayo.

Colinas

Unidad constituida por afloramientos de roca caliza y lutitas de la Formación Yumagual, con pendientes comprendidas entre 30° y 50°, la superficie de erosión es semirredondeada debido a la acción de los procesos exógenos.



Foto N°07: Colina con superficie de erosión semirredondeada, ubicada en el Caserío de San Martín.

Valle Fluvial

Es aquella hendidura producida por el río, la cual está limitada por laderas o vertientes, se observa el valle fluvial influenciado por el río Las Quinuas, donde la acción erosiva por el agua de la lluvia va modificando las laderas adoptando la forma de "V".



Foto N°08: Valle con un perfil transversal en forma de V, típico curso alto de ríos.

3.1.6.3 Parámetros geomorfológicos

Las características físicas de la microcuenca se relacionan con el comportamiento hídrico e hidrodinámico por lo que se realizaron los siguientes cálculos, (Jiménez, Materón 1986):

a. Superficie de la microcuenca

El área total de la microcuenca (A) calculada es de 85.10 Km²

El Perímetro (P) que corresponde a la longitud del contorno de la microcuenca y tiene influencia en la forma y tiempo de concentración, es de 41.86 Km.

b. Forma de la microcuenca

La forma de la microcuenca determina la distribución de las descargas de agua a lo largo de los ríos; también es responsable de las características que tienen las crecientes, asimismo, condiciona su tiempo de concentración. Los parámetros que miden la forma de la microcuenca son:

b.1 Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (kc).

El coeficiente de compacidad (kc). calculado para la microcuenca es de 1.27 que se encuentra entre el rango de 1.25 y 1.5 que corresponde a forma oval redonda a oval oblonga (FAO, 1985). El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento,

siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea K_c , mayor será la concentración de agua.

b.2 Factor de forma (Ff). Relaciona el ancho promedio de la microcuenca y la longitud axial de la misma (longitud de máximo recorrido). El factor de forma calculado para la microcuenca es de $Ff = 0.58$, ligeramente ensanchada.

c. Sistema de drenaje

Se refieren a las trayectorias o al arreglo que guardan entre sí los cauces de las corrientes naturales dentro de la microcuenca.

Para el cálculo de los datos del sistema de drenaje que tiene el río La Quispa, se ha utilizado el método de clasificación de ríos y arroyos con el esquema de Horton - Strahler (1952,1957).

c.1 Orden de las corrientes de agua. Este parámetro proporciona el grado de bifurcación. Así el orden del cauce principal del río es de orden 3.

3.1.7 HIDROGRAFÍA

3.1.7.1 CUANTIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Para la cuantificación de dichos recursos se ha tenido en cuenta una breve descripción de la Cuenca Crisnejas ya que el río La Quispa forma parte de esta cuenca.

La cuenca Crisnejas presenta una superficie de 4 928 km²; el río Crisnejas pertenece a la vertiente Atlántica y se forma por la unión de los ríos Condebamba y Cajamarquino, constituyéndose en uno de los principales afluentes del Marañón.

La cuenca Crisnejas posee una población total de 590 772 habitantes distribuidos en el departamento de Cajamarca (81,7 %) el resto en el departamento de La Libertad (18,3 %).

a. Hidrografía de la microcuenca del río La Quispa

El río La Quispa pertenece a la Cuenca del Crisnejas, tiene una dirección de recorrido de Este a Oeste y recibe el aporte de los ríos Tambomayo, Las Quinuas y de diversas quebradas para unirse al río de La Encañada (Mapa N°06), para luego formar en su recorrido el río Namora, finalmente este se une con el río

Cajamarquino para desembocar en el Río Crisnejas. La hidrografía del río la Quispa se observa con fondo poco profundo, de baja pendiente, limitada por terrazas.



Foto N°09: Río La Quispa, caserío Santa Delia con bajo caudal en mes estiaje (agosto).

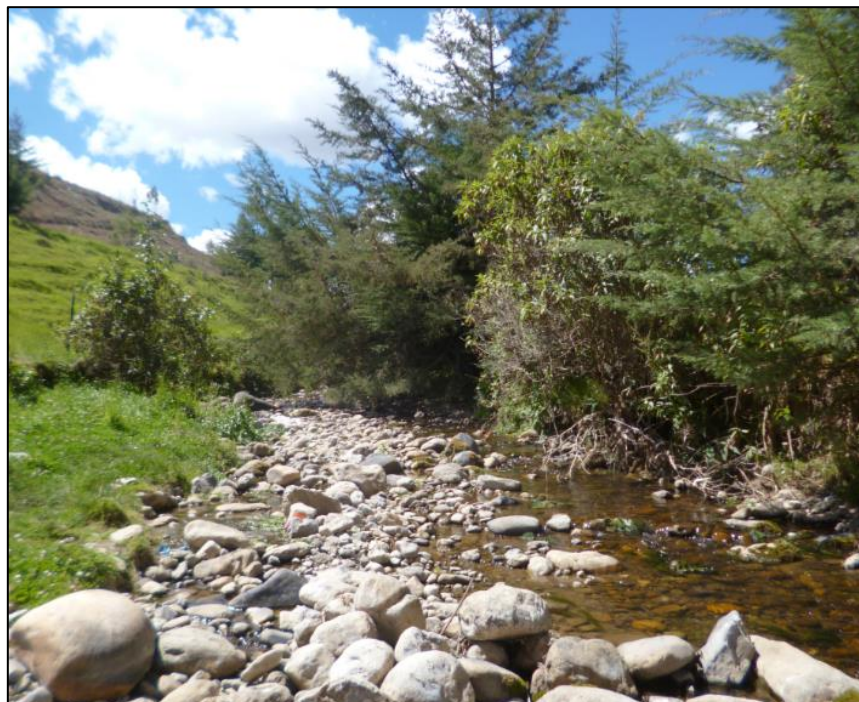


Foto N°10: Río Tambomayo, con bajo caudal en mes de agosto.
(Caserío Tambomayo)



Foto N°11: Quebrada Rosamayo en temporada de lluvia, mes de noviembre.



Foto N°12: Río Las Quinuas en temporada de lluvia, mes de noviembre.



Foto N°13: Río La Rinconada en temporada de lluvia, mes de noviembre.

3.1.7.2 CUANTIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

Dentro de este contexto se dividen las fuentes de aguas subterráneas en dos: fuentes naturales como manantiales, fuentes termales y fuentes artificiales como sondajes verticales. Durante la investigación se ubicaron manantiales, surgencias naturales de agua de origen subterráneo a la superficie, como el manantial La Paccha 1 (802055E, 9213418N), que se ubica en el afloramiento de rocas sedimentarias de la Formación Yumagual el cual está constituida por rocas sedimentarias como margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes, la surgencia natural del agua se produce por medio de las fracturas de la litología permitiendo su transmisibilidad y almacenamiento.

Dicho manantial es captado para uso acuícola y de agricultura en el Caserío San Martín, aprovechando que forma parte del río Las Quinuas donde en épocas de lluvia aumenta el caudal.



Foto N°14: Manatíal La Paccha 1, caserío San Martín, Distrito de la Encañada.



Foto N°15: Captación del Manatíal La Paccha 1, para uso acuícola, trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), ubicado en el caserío de San Martín.

El segundo manantial denominado La Paccha 2 (801966E, 9213456N) forma parte también del río Las Quinuas, condicionada por las fracturas y el control litológico de rocas sedimentarias como calizas nodulares con tonalidades gris y amarillentas intercaladas con margas y limolitas correspondiente a la Formación Yumagual.

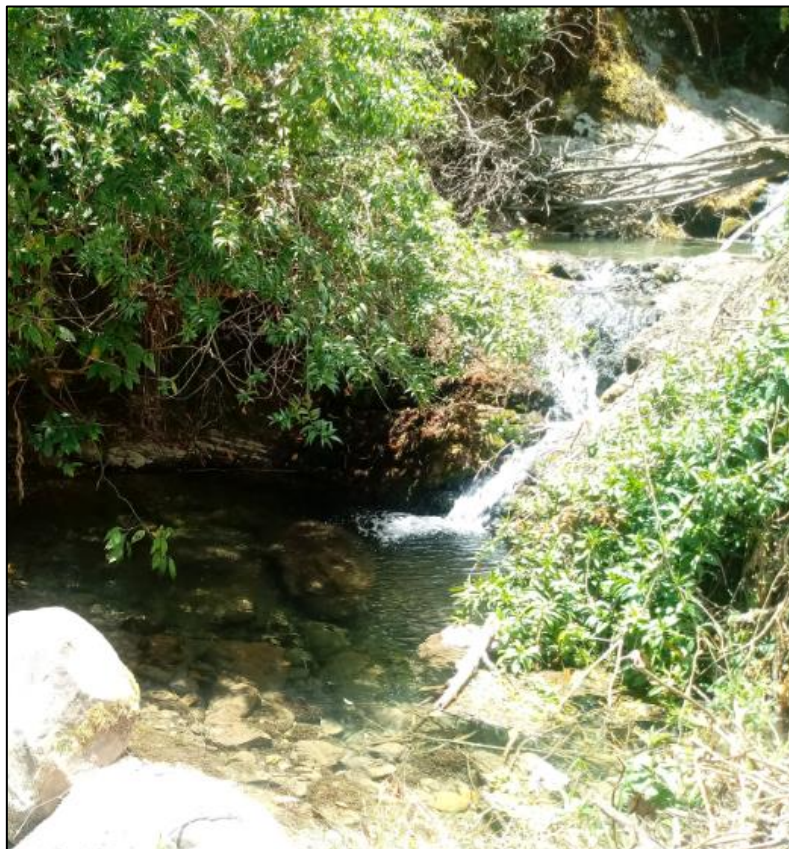


Foto N°16: Manantial La Paccha 2, condicionado por las fracturas y control litológico de la Formación Yumagual, caserío de San Martín.

3.1.8 GEOLOGÍA LOCAL

3.1.8.1 Unidades Estratigráficas

Para el análisis geológico de la microcuenca de La Quispa se consideró la carta geológica (escala 1:100 000) del cuadrángulo de San Marcos (Reyes, 1980), elaboradas por el INGEMMET. Dicha información ha servido para conocer las Formaciones Geológicas y el tipo de unidades estratigráficas que forman parte de la microcuenca los cuales comprenden una secuencia de rocas sedimentarias en su gran mayoría pertenecientes a la Formación Yumagual, depósitos cuaternarios y de manera escasa rocas de composición volcánicas. (Mapa N°07).

a. Formación Chimú (Ki-chim)

Litológicamente, en el área de estudio la Formación Chimú consiste en areniscas cuarzosas de grano medio intercaladas con lutitas pardo amarillentas.

b. Formación Santa (Ki-sa)

Esta denominación fue dada por BENAVIDES (1956); en el área consiste en una intercalación de lutitas y calizas margosas, y areniscas gris oscuras, con un grosor que oscila entre los 100 y 150 m. Sobreyace a la Formación Chimú e infrayace a la Formación Carhuaz, aparentemente con discordancia paralela en ambos casos.

c. Formación Carhuaz (Ki-ca)

La Formación Carhuaz yace con suave discordancia sobre la Formación Santa e infrayace concordantemente a la Formación Farrat.

Consta de una alternancia de areniscas con lutitas grises, hacia la parte superior contiene bancos de cuarcitas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas.

d. Formación Farrat (Ki-f)

La Formación Farrat suprayace con aparente concordancia a la Formación Carhuaz y subyace, con la misma relación, a la Formación Inca, dando la impresión en muchos lugares, de tratarse de un paso gradual.

Consta de areniscas cuarzosas blanquecinas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m.

e. Formación Inca (Ki-in)

Es una secuencia transgresiva de ambiente somero. Litológicamente en el área de estudio presenta intercalaciones de limoarcillitas rojo-amarillentas a pardas con areniscas de grano fino, conforman un espesor de 100 m.

f. Formación Chulec (Ki-chu)

Litológicamente, consta de una secuencia bastante fosilífera de calizas arenosas, lutitas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema-amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo.

g. Formación Pariatambo (Ki-pa)

Esta unidad fue inicialmente estudiada por MC LAUGHLIN (1925); la Formación Pariatambo yace concordantemente sobre la Formación Chulec e infrayace, con suave discordancia a la Formación Yumagual.

En el área de estudio se observó que consiste en una alternancia de calizas grises de grano fino con lutitas del mismo color, la geometría de su estratificación es tabular de relativa extensión lateral con superficies de erosión casi planas y paralelas entre sí.

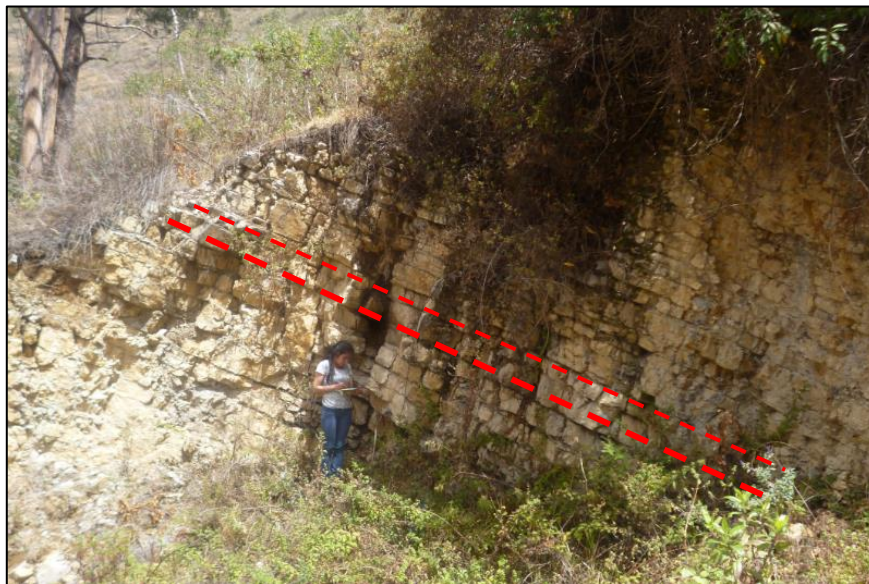


Foto N°17: Estratos de calizas y lutitas con geometría de estratificación tabular.



Foto N°18: Calizas grises de grano fino, Fm. Pariatambo.

h. Formación Yumagual (Ks-yu)

Esta denominación fue dada por (Tafur, 1950). Suprayace con leve discordancia a la Formación Pariatambo e infrayace con aparente concordancia a la Formación Mujarrún y Grupo Quilquiñán.

Litológicamente en el área de estudio se presentan calizas margosas, pues el contenido de carbonado de calcio es mayor con respecto a su masa, estas son de color gris oscuras, de grano medio, con presencia de venillas de calcita, la superficie de este afloramiento rocoso se observa de color amarillento con aspecto terroso debido a la presencia de arcillas y estratos de geometría irregular o erosiva.



Foto N°19: A. Afloramiento de la Formación Yumagual. B. Calizas margosas y venillas de calcita, Fm. Yumagual.

i. Gpo. Quilquiñán y Fm. Mujarrún (Ks-qm)

Litológicamente está constituido por calizas arcillosas de grano fino a medio intercaladas con margas pardo amarillentas, esta formación se desarrolló en un ambiente marino de menor profundidad que la Formación Pariatambo.

j. Formación Cajamarca (Ks-ca)

La Formación Cajamarca, nombre dado por BENAVIDES (1956), corresponde a una de las secuencias calcáreas del Cretáceo superior que más destaca

topográficamente, por su homogeneidad litológica y ocurrencia en bancos gruesos y duros, cuyos afloramientos exhiben una topografía kárstica con fuertes pendientes y en muchos casos barrancos de paredes inaccesibles. Su grosor varía entre los 600 m. y 700 m.

Esta unidad yace concordantemente sobre el Grupo Quilquiñán y con la misma relación subyace a la formación Celendín.



Foto N°20: Afloramiento del Fm. Cajamarca, nótese la topografía Kárstica.

k. Rocas ígneas extrusivas o volcánicas

En la zona de investigación se pudo apreciar materiales de composición de traquiandesita o traqui-andesita la cual es una roca volcánica de la serie alcalina, que presenta una composición intermedia.



Foto N°21: Materiales de composición de traquiandesita.

Descripción macroscópica.

La muestra de roca de composición de traquiandesita pertenece a materiales extrusivos muy cercano al río La Rinconada, es una roca de textura bimodal de color gris; se observan fenocristales de plagioclasas, cuarzo, biotita y escasos cristales de pirita y calcopirita ; en una matriz afanítica de color gris claro.



Foto N°22: Roca de composición de traquiandesita.

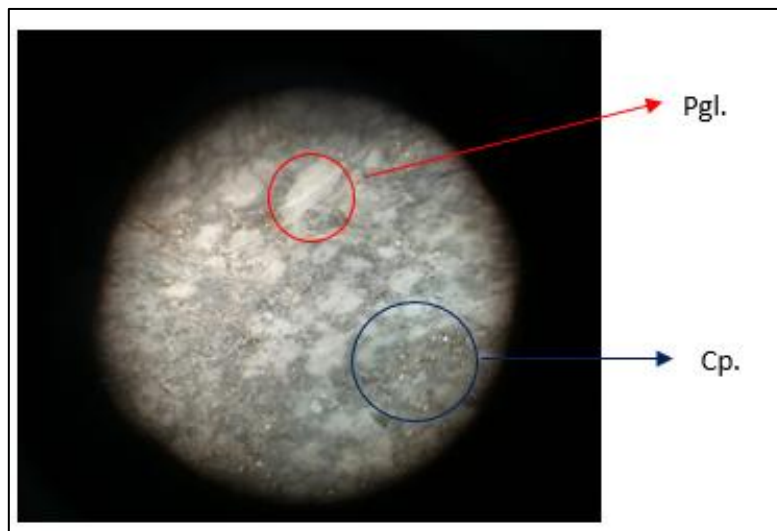


Foto N°23: Vista de fenocristales de plagioclasas(Pgl.) y cristales de calcopirita (Cp) diseminados, haciendo uso del microscopio.

I. Depósito fluvial (Q-fl)

Son depósitos cuaternarios que se encuentran cercanos a los lechos de los ríos y con unidades geomorfológicas como las terrazas.

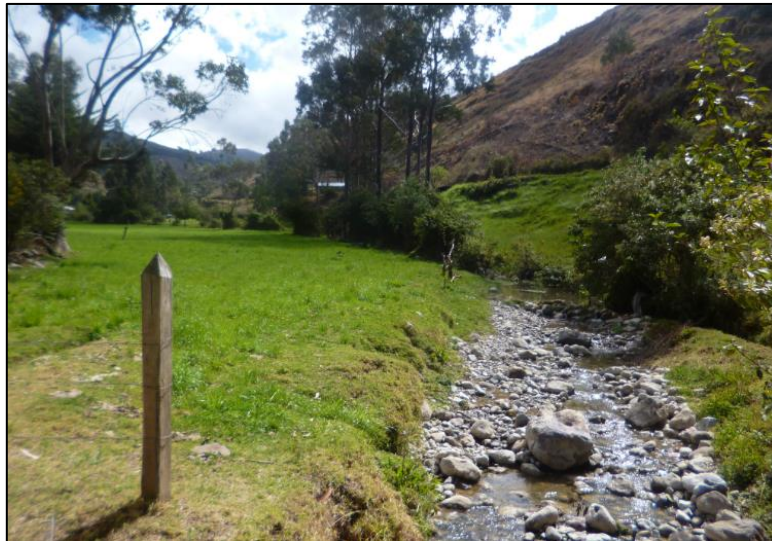


Foto N°24: Terrazas formadas a los márgenes del río Tambomayo.

m. Depósito Glaciar (Q-gl)

Estos tipos de depósito corresponden a la era Cenozoica, sistema Cuaternario Pleistoceno y se encuentra en la pampa Yana Totora, están constituidos por sedimentos de origen glaciar como tillitas, presentan también matriz areno-arcillosa y material anguloso proveniente de rocas de otras Formaciones como Cajamarca, Quilquiñam Mujarrum.



Foto N°25: Depósito glaciar en el Caserío de San Martín, nótese en segundo plano la Fm. Cajamarca.

n. Depósitos Lagunares (Q-la)

Los materiales lacustres involucran todos los materiales depositados casi horizontalmente en pequeñas cuencas ocupadas anteriormente por lagunas.

Estos depósitos se encuentran en diferentes lugares y niveles, dispuestos en bancos sub-horizontales constituidos por material fino areno-arcilloso, a los que algunas veces se intercalan lentes de gravas y delgados conglomerados. Estos depósitos se hallan en la Pampa de la Culebra, Pampa de Polloc.

o. Depósito Aluvial (Q-al)

En el área de estudio conformado por materiales transportados y depositados por el agua, su tamaño varía desde la arcilla hasta las gravas gruesas cantos y bloques. Constituida por limos, arcillas calcáreas.

3.1.8.2. Geología Estructural

Los rasgos estructurales que forman parte de la microcuenca La Quispa están relacionadas con el segundo movimiento del Ciclo Andino, donde la orogenia andina ha ocasionado en la microcuenca plegamientos, fracturamientos y fallas.

Cuadro N°07: Movimientos deformativos a nivel regional en la parte Nor- Occidental del Perú.

MOVIMIENTOS DEFORMATIVOS	EDAD RELATIVA
PRIMER MOVIMIENTO (Epirogénesis)	SANTONIANO
SEGUNDO MOVIMIENTO Compresivo(principal) empuje SW-NE	PALEÓGENO
TERCER MOVIMIENTO (Compresivo menos importante)empuje SW-NE	FINES DEL PALEÓGENO
CUARTO MOVIMIENTO "Tardío" (Epirogénesis)	MIO-PLIOCENO- ACTUAL

Fuente: Boletín N°31 del INGEMMET-1980.Modificado por Lagos

a. Pliegues

Anticlinal Volcado

El eje de este dominio estructural pasa por los cerros: San Francisco, Calambrio cuyo predominio como unidad estratigráfica es la Formación Yumagual.

Anticlinal

Paralelo al río la Rinconada se encuentra este tipo de estructura con una mayor extensión cuyo eje pasan por el cerro de la Rinconada y el cerro Huiraconga con dirección de Nor Oeste a Sur Este.

Sinclinal

El eje de este dominio se encuentra ubicado al norte de la microcuenca, influye en la unidad estratigráfica de la Formación Yumagual, con una dirección promedio de 40° Sur Oeste a Nor Este.

Sinclinal Volcado

Este dominio estructural se encuentra por el Caserío La Paccha y Aguas Blanca, donde el eje atraviesa por la Formación Yumagual, Formaciones Quilquiñan Mujarrum y Formación Cajamarca

b. Falla Regional

Falla Inversa

En la microcuenca La Quispa esta falla regional cruza el cerro Quinuas, pasando por la Formación Chulec y Pariatambo, con una dirección Nor Oeste hacia el cerro Shuito.

3.2 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 METODOLOGÍA

Tipo de investigación: Descriptivo.

EL método de investigación que será utilizado es: Inductivo.

Fase I. Gabinete

a) Delimitación de la zona de estudio

Para la investigación se optó por la delimitación de la microcuenca del río La Quispa que recibe el aporte de otros ríos como el Tambomayo, Las Quinuas y de diversas quebradas para desembocar sus aguas en el río de La Encañada, formando en su recorrido el río Namora para luego unirse con el río Cajamarquino que este a su vez en su recorrido desemboca en el Río Crisnejas; La Cuenca del Río Crisnejas es una de las cuencas Hidrográficas del Perú que fue definida por la Autoridad Nacional del Agua, institución que se creó el 13 de Marzo de 2008 y establece

procedimientos para asegurar una gestión integrada, multisectorial y sostenible de los recursos hídricos, su conservación, incremento y aprovechamiento eficiente.

b) Recopilación de información

Dicha etapa consistió en seleccionar información acerca del tema de investigación siendo de mayor importancia aquellos que tienen como unidad de análisis a las cuencas hidrográficas del territorio peruano, calidad de agua de los ríos y quebrada y los procedimientos de muestreo.

c) Diseño de muestreo

La selección de los puntos de muestreo se ha realizado a partir del análisis del Mapa Geológico del Cuadrángulo de San Marcos (15 - G), sin dejar de lado la gran importancia del reconocimiento de las características geomorfológicas, litológicas e hidrogeológicas de la zona in-situ.

Fase II. Recolección de Información in situ

Etapa de campo y Laboratorio

a) Muestreo

Que consistió en las visitas a campo por los lugares de acceso que involucran a la microcuenca, reconociendo el río, quebrada o manantial para seleccionar los puntos de muestreo.

Georreferenciación del punto de muestreo con el uso del GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y ubicación en el mapa hidrográfico base.



Foto N°26: Anotación de las coordenadas UTM usando GPS-Garmyn, Quebrada Rosamayo.

Para la toma de los parámetros fisicoquímicos del agua se usó guantes descartables para proteger las manos y prevenir cualquier tipo de contaminación, ubicándose luego en un punto donde exista fácil acceso, donde la corriente sea homogénea y poco turbulenta, para dar inicio a la lectura in-situ del pH, Conductividad, Temperatura del agua.

Para la toma de muestra:

Antes de coleccionar la muestra los frascos de plástico se enjuagaron como mínimo dos veces, se cogió al frasco por debajo del cuello sumergiéndola en dirección opuesta al flujo del agua o contracorriente para luego tajarla.

Se anotó el código de muestra en el rótulo, las coordenadas UTM en estándar geodésico WGS84, datos referenciales a la ubicación como puentes kilometraje vial, localidad, fecha y hora del muestreo para luego guardar el frasco con la muestra en el cooler siendo llevada al Laboratorio Regional del Agua.

b) Etapa de Laboratorio

Las muestras recolectadas fueron trasladadas al Laboratorio Regional del Agua de la provincia de Cajamarca, el cual cumple con las necesidades del trabajo de investigación, dicho laboratorio registró que las muestras cumplan con los requisitos de volumen y preservación, con la finalidad de brindar los datos requeridos.



Figura 17: Frascos con muestras de agua de los ríos para su análisis respectivo.

Fase III. Procesamiento de Datos.

Caracterización Hidrogeológica.

Se realizó la caracterización a partir de la delimitación de la microcuenca La Quispa, describiendo los aspectos principales como unidades geomorfológicas, litológicas, estructurales entre otros plasmándolo en mapas temáticos.

El procesamiento de los datos obtenidos de las muestras de agua se realizó en gabinete haciendo uso del programa Microsoft Excel 2010; para apreciar la tendencia general de los iones y la comparación con los Límites máximos permisibles, para la representación de muestras de agua según facies hidroquímicas se utilizó el diagrama de Piper.

3.2.1.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO

Microcuenca La Quispa que forma parte de la Cuenca Hidrográfica Crisnejas del Distrito de La Encañada del Departamento de Cajamarca.

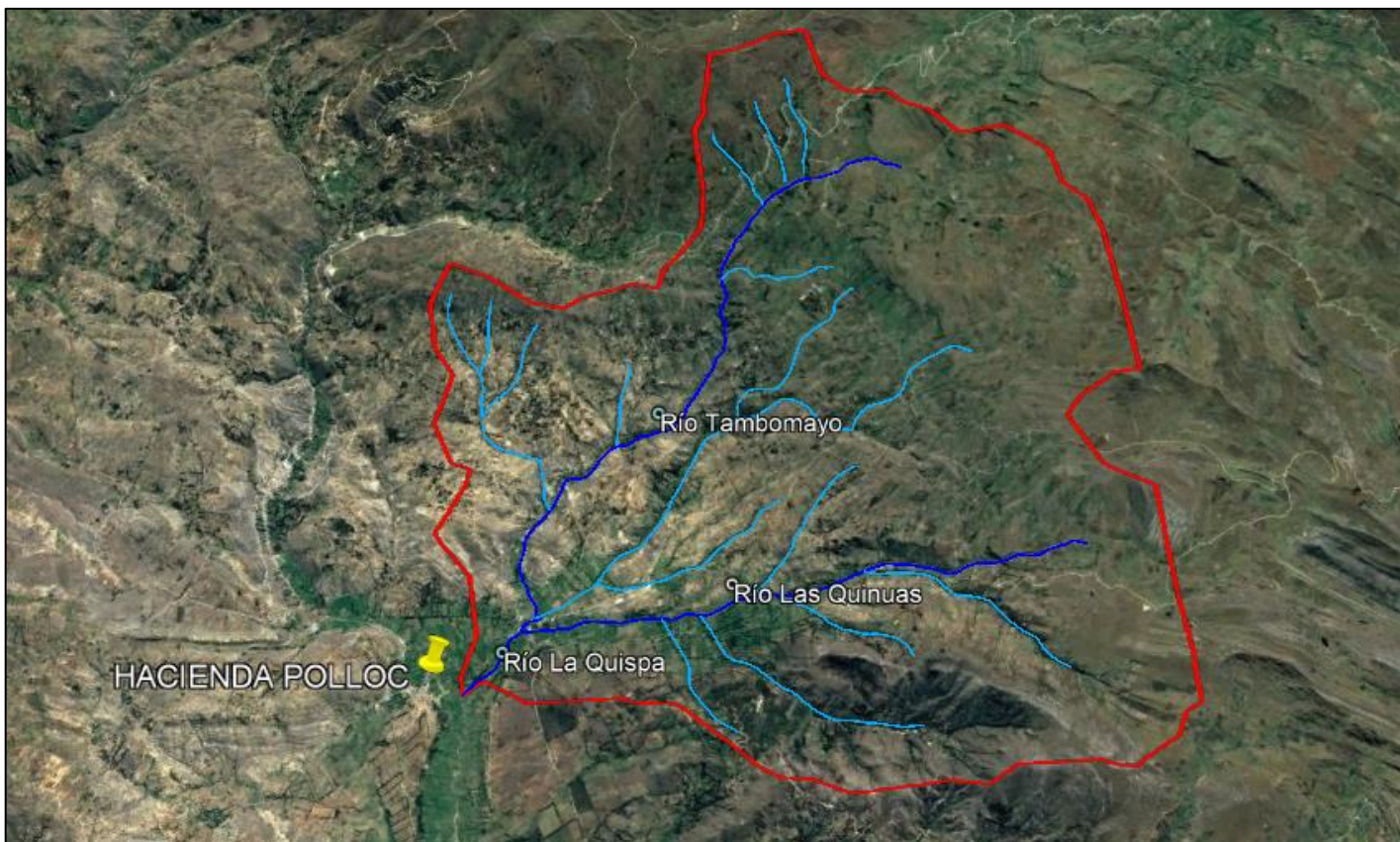


Figura 18: Delimitación de la microcuenca La Quispa, Google Earth.

3.2.1.2 MUESTRA

Ríos y quebrada que conforman la microcuenca La Quispa y sus características Litologías, estructurales, geomorfológicas y tiempo geológico respectivamente.

3.2.1.3 UNIDAD DE ANÁLISIS

Se analiza y evalúa la calidad de agua de ríos y quebradas, la interacción con la litología, estructuras geológicas como fallas, diaclasas, pliegues, foliaciones y las unidades geomorfológicas de la microcuenca La Quispa entre ellas colinas y terrazas.

3.2.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES

Aguas continentales, se considera como agua continental a todas aquellas aguas que se ubican dentro de los continentes, tales como ríos, lagos, lagunas, mares internos y aún las aguas subterráneas. (Dávila,2011)

Litología, parte de la geología que estudia el origen, evolución y clasificación de las rocas. Se podría considerar como un sinónimo de petrología. (Dávila,2011)

Estructuras Geológicas, son aquellas que determinan el relieve terrestre (anticlinales, sinclinales, fallas) transformando las sucesiones regulares de las formaciones geológicas, pueden ser determinantes para la captación de aguas subterráneas. (Sanz,1980)

Geoformas, son las formas de la superficie terrestre estudiadas para entender su génesis y actual comportamiento. (Dávila,2011)

Unidades Geocronológicas, lapsos de tiempo que corresponde a una unidad cronoestratigráfica. (Reguant,2005)

Caracterización Hidrogeológica, determinación del origen y la formación de las aguas subterráneas, su interacción con los suelos y rocas, propiedades, así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación.

En la tabla N° 1: Definición de variables.

Variables Independiente (causa)	Variable Dependiente (efecto)
Aguas continentales Litología Estructuras geológicas Geoformas Unidades Geocronológicas	Caracterización Hidrogeológica

3.2.3 TÉCNICAS

a) Observación Dirigida, corresponde a la visualización de las diversas características geológicas e hidrológicas en campo, para la descripción correspondiente.

b) Tomas Fotográficas, técnica de obtener imágenes duraderas siendo el proceso de proyección y captura de imágenes mediante la cámara fotográfica.

Análisis documental que consistió en seleccionar las ideas informativamente relevantes sobre la investigación.

c) Análisis Físicoquímicos, para conocer las características básicas de las muestras de agua tomadas en campo el cual sirve como indicador de la calidad del mismo. Mediciones convencionales, haciendo uso del GPS Garmyn, rayador, brújula Brunton.

3.2.4 INSTRUMENTO Y EQUIPO

3.2.4.1 Gabinete

Hardware

a) Laptop

Una laptop es una computadora portátil, ésta pertenece al grupo de las computadoras personales, puede hacer prácticamente lo mismo que una computadora de escritorio, con memorias extensas, monitores amplios y procesadores muy avanzados la cual recibe y procesa datos para convertirlos en información conveniente y útil que posteriormente se envían a las unidades de salida.

Software

a) Microsoft Office 2010, paquete de programas informáticos para oficina como Microsoft Word 2010, Microsoft Excel 2010, Microsoft PowerPoint 2010, los cuales se usaron para el desarrollo de la tesis.

b) ArcGis 10.4, es un sistema de información geográfica (GIS) para trabajar con mapas e información geográfica. Se usa para crear y usar mapas, compilar datos geográficos, analizar información mapeada, compartir y descubrir información geográfica, usar mapas e información geográfica en una variedad de aplicaciones, y administrar información geográfica en una base de datos.

Base geográfica

a) El Modelo de Elevación Digital Global ASTER (ASTGTM), para referencia sobre la topografía de la microcuenca.

b) Planos hidrológico, que delimita la microcuenca y la distribución de la red hídrica.

c) Mapa geológico, que muestra las unidades de roca o estratos geológicos para indicar donde están expuestos en la superficie, para la presente investigación se utilizó el Mapa Geológico del Cuadrángulo de San Marcos (15 - G).

3.2.4.2 Campo

Para ejecutar el muestreo y estudios complementarios en campo se revisó el equipo y materiales previamente para un desarrollo eficiente.

a) Materiales

Cooler

Frascos de plástico con rotulador

Gel Pack 500gr.

Guantes descartables.



Figura 19: Coolers para conservar en temperatura optima las muestras.



Figura 20: Frascos para muestras de agua con su respectivo rotulador.

b) Equipos

GPS Garmin, Equipo de Sistema de Posicionamiento Global, para la georreferenciación, cartografiado geológico y puntos de monitoreo.

Cámara digital fotográfica Canon 16 pixeles usado para la captura de imágenes para la investigación.

Brújula Brunton, se ha utilizado para tomar datos de rumbo y buzamiento.

Picota Geológica, para la extracción de muestras y descripción petrográfica en el campo.

Lupa de geólogo con campo visual 20x, marca Iwamoto, para realizar descripción de muestras de roca.

Lápiz rayador con punta de carburo de tungsteno para estimar la dureza relativa de los minerales.



Figura 21: Lápiz rayador y lupa de geólogo.

c) Material Cartográfico

Mapa Hidrográfico base, Datum WGS-84

Imagen satelital obtenida de Google Earth.

d) Indumentaria de Protección

Zapatos de Seguridad, botas de jebe, gorra, poncho impermeable.

e) Otros

Plumones indelebles

Lápices

Libreta de campo

3.3 HIDROGEOLOGÍA

Caracterización de unidades Hidrogeológicas.

El área de estudio con rangos cronológicos comprendidos entre el Mesozoico y Cenozoico, se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias como calizas, areniscas, lutitas y en menor proporción rocas de composición volcánica, se pudo observar la presencia también de depósitos cuaternarios los cuales se encuentran en la parte baja de la microcuenca.

Cuadro N° 08: Unidades hidrogeológicas según el tipo de roca

Tipo de Rocas	Unidad Hidrogeológica
Suelos inconsolidados recientes	Acuíferos porosos no consolidados
Rocas Sedimentarias	Acuíferos fisurados y acuitardos
Roca volcánicas	Acuífero fisurado y acuitardos
Rocas Volcánicas-Sedimentarias	Acuíferos fisurados y acuitardos
Rocas intrusivas y metamórficas	Acuitardos y acuífugos

Fuente: Boletín N°3, serie H del INGEMMET-2010.

Fuentes de Agua

El río La Quispa recibe el aporte de los ríos Tambomayo, Las Quinuas, quebrada Rosamayo, la cual en la parte baja está limitada por depósitos cuaternarios y como unidades geomorfológicas, terrazas. La Formación Yumagual es la que más predomina en la microcuenca el cual está constituida por rocas sedimentarias como margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes, observándose

que en el Caserío San Martín la surgencia natural del agua se produce por medio de las fracturas, diaclasas de esta litología permitiendo su transmisibilidad y almacenamiento, el cual aporta recarga al acuífero por ser de alta porosidad.

Los depósitos cuaternarios se ubican con altitudes más bajas en la microcuenca considerándose como la zona de descarga del acuífero, estos depósitos se caracterizan por su alta porosidad y permeabilidad ya que son capaces de almacenar y transmitir el agua por los materiales que la conforman entre ellos gravas, arenas, materiales calizos.

Es por eso que sumado al análisis de los resultados hidroquímicos de las muestras de agua de los ríos que conforman la microcuenca y la interpretación de las formaciones geológicas permiten encontrar las características hidrogeológicas de la microcuenca La Quispa.

3.4 TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Para la investigación se optó por la definición de microcuenca según World Vision Canadá propuesta en el 2004 definiéndola como microcuenca ya que el Río La Quispa que recibe el aporte de otros ríos como el Tambomayo, Las Quinuas y de diversas quebradas desemboca sus aguas en el río principal llamado río La Encañada la cual conforma una subcuenca.

Según la clasificación de Jiménez, Materón propuesta en 1986 el término de microcuenca corresponde cuando el área de delimitación está entre los valores de 20 a 100 Km² para esto se realizó el cálculo del área de investigación usando software ArcGIS siendo este de 85.10Km² definiéndolo como una microcuenca.

El análisis hidrogeoquímico se realizó teniendo en cuenta la surgencia natural del agua subterránea que con influencia de condiciones externas como fenómenos atmosféricos conforman aguas superficiales las cuales se pueden evidenciar en la microcuenca.

MUESTREO EN CAMPO

En la microcuenca La Quispa se ha considerado 5 estaciones de muestreo las cuales 4 corresponden a ríos y 1 quebrada, para obtener los parámetros que se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro N °09: Parámetros de muestreo en Campo

Parámetros determinados en Campo	Parámetros que se determinaron en laboratorio
T°C ,pH,caudal	Conductividad, STD, Dureza Total, Aniones(sulfato, cloruro, bicarbonato, nitrito, nitrato), metales.

Cuadro N °10: Ubicación de estaciones de muestreo según coordenadas UTM – Datum WGS84.

ESTACIÓN	NOMBRE	COORDENADAS		
		NORTE	ESTE	COTA (m.s.n.m.)
M-01	Río La Rinconada	9212795	799614	3117
M-02	Río Las Quinuas	9213205	797341	3006
M-03	Quebrada Rosamayo	9213573	797451	3001
M-04	Río Tambomayo	9214294	796887	3020
M-05	Río La Quispa	9213028	796623	2978

3.4.1 PARÁMETROS DETERMINADOS EN CAMPO

3.4.1.1 Determinación de Caudal

Para determinar dicho parámetro en los 5 ríos se utilizó el método del flotador y para este fin se necesita conocer el área de la sección y la velocidad del agua, para medir la velocidad se utiliza un flotador con el se mide la velocidad del agua de la superficie, pudiendo utilizarse como flotador una botella bien cerrada.

El cálculo consiste en aplicar la siguiente fórmula, (Franquet 2005):

$Q = v \times A$, Y también: $v = e/t$, en que:

Donde

Q = Caudal

V: Velocidad del agua (m/s)

e: es el espacio recorrido en m. por el flotador

t: es el tiempo en segundos del recorrido “e” por el flotador

A: área de la sección transversal del río

Para determinar este parámetro en campo se realizaron 3 medidas en los ríos y quebrada correspondientes para luego obtener el promedio de caudal de cada uno de ellos.

Aplicación de fórmula del Caudal para el río las Quinuas.

$$Q1 = (10 \text{ m.} / 4.07 \text{ seg.}) \times (4.50 \text{ m} \times 0.68 \text{ m.}) \times 0.85 = 6.39 \text{ m}^3/\text{seg.} = 6,390.0 \text{ l/seg.}$$

Posterior a ellos se calculó Q2 y Q3 del río Las Quinuas y se obtuvo el promedio de 6,550 l/seg. de caudal del río.

Tabla N°2: Caudal de estaciones de muestreo.

ESTACIÓN	NOMBRE	CAUDAL (l/s)
M-01	Río La Rinconada	813 l/seg.
M-02	Río Las Quinuas	6,550 l/seg
M-03	Quebrada Rosamayo	1,220 l/seg
M-04	Río Tambomayo	4,050 l/seg
M-05	Río La Quispa	10,960 l/seg



Foto N°27: Medida de anchura del río La Rinconada para determinación del caudal.

3.4.1.2 Temperatura (°C)

Se utilizó un termómetro de mercurio con protector de canastilla de metal, con el cual también se determinó la temperatura ambiente en las zonas de muestreo. Las fuentes de agua superficial presentan un rango de valores entre 11°C y 14° C.



Foto N°28: Medición de temperatura en la quebrada Rosamayo.



Foto N°29: Medición de Temperatura ambiente en el caserío de Tambomayo.

3.4.1.3 pH

Para determinar dicho parámetro in situ se utilizó el ph-metro digital marca Hanna.

Tabla N°3: pH de muestras de agua.

ESTACIÓN	NOMBRE	pH
M-01	Río La Rinconada	6.4
M-02	Río Las Quinuas	6.9
M-03	Quebrada Rosamayo	7.2
M-04	Río Tambomayo	7.6
M-05	Río La Quispa	7.2

3.4.2 PARÁMETROS DETERMINADOS EN LABORATORIO

3.4.2.1 M-01: Río La Rinconada

Esta muestra fue extraída del Río La Rinconada, margen derecha a 30m. aguas arriba de puente carretera a Caserío San Martín, a las 8.20 am con temperatura ambiente de 15°C, la temperatura del agua fue de 11°C, dicho río desemboca en el río Las Quinua y tiene un recorrido aproximado de 3.8 Km. Ver resultados de análisis (Anexos)



Foto N°30: Estación M-01, Río La Rinconada, localización de la muestra: 799614 E ,9212795 N.

3.4.2.2 M-02: Río Las Quinuas

Esta muestra fue tomada a las 9.26 am, margen derecha, aguas abajo a 300m de puente, en el caserío de Santa Delia, la temperatura del agua fue de 13°C y la de ambiente de 15°C, el río Las Quinuas tiene un recorrido aproximado de 8.50 Km. desde la naciente a la atura del Caserío La Paccha hasta la desembocadura con el río La Quispa, en el área circundante se ubican terrazas, los clastos del río son de redondeados a subredondeados. Ver resultados de análisis (Anexos)



Foto N°31: Estación M-02, Río Las Quinuas, localización de la muestra: 797341 E, 9213205 N.

3.4.2.3 M-03: Quebrada Rosamayo

Esta muestra fue extraída de la quebrada en mención a las 10.13 am, la temperatura del agua fue de 13°C y la de ambiente de 18.5°C, dicha quebrada tiene un recorrido aproximado de 8.5 Km. desde el caserío de Huate Grande hasta la desembocadura con el río Tambomayo, los clastos observados en dicha son angulosos a subangulosos. Ver resultados de análisis (Anexos)



Foto N°32: Estación M-03, Quebrada Rosamayo, localización de la muestra: 797451 E, 9213573 N

3.4.2.4 M-04: Río Tambomayo

Esta muestra fue extraída a las 11.10 am, la temperatura del agua in situ fue de 14°C y de ambiente de 23°C, dicho río tiene un recorrido aproximado de 10.60 Km. desde el Caserío La Masma hasta la desembocadura en el río La Quispa, los clastos obserbados son redondeados a subredondeados. Ver resultados de análisis (Anexos)



Foto N°33: Estación M-04, Río Tambomayo, localización de la muestra: 796887 E, 9214294 N.

3.4.2.5 M-05: Río La Quispa

Esta muestra del río en mención fue extraída a las 11.10 am, la temperatura del agua fue de 14°C y la de ambiente de 21°C, dicho río tiene un recorrido de 1.30 Km. aproximadamente desde el Caserío Santa Delia hasta la desembocadura con el río La Encañada. Ver resultados de análisis (Anexos)



Foto N°34: Estación M-05, Río La Quispa, localización de la muestra: 796623 E, 9213028 N.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE MONITOREO DEL AGUA

4.1.1 PARÁMETROS DE CAMPO

4.1.1.1 Caudal

Los ríos que conforman la microcuenca la Quispa a lo largo de su recorrido van formando terrazas, producto de la erosión lateral producida por las variaciones de escorrentía, gran caudal en períodos lluviosos y caudales bajos en períodos de estío.

En su recorrido el río las Quinuas recibe el aporte de diversas quebradas e incluso del Río La Rinconada, generando un caudal aproximado de 6.55 m³/seg. (época de lluvia). El río Tambomayo con un caudal aproximado de 4.05 m³/seg. recibe del mismo modo quebradas entre ellas la quebrada de Rosamayo el cual tiene un largo recorrido para que finalmente al unirse el río Las Quinuas y Tambomayo desemboquen en el río La Quispa llegando a tener un caudal de 10.96 m³/seg. En época de lluvia.

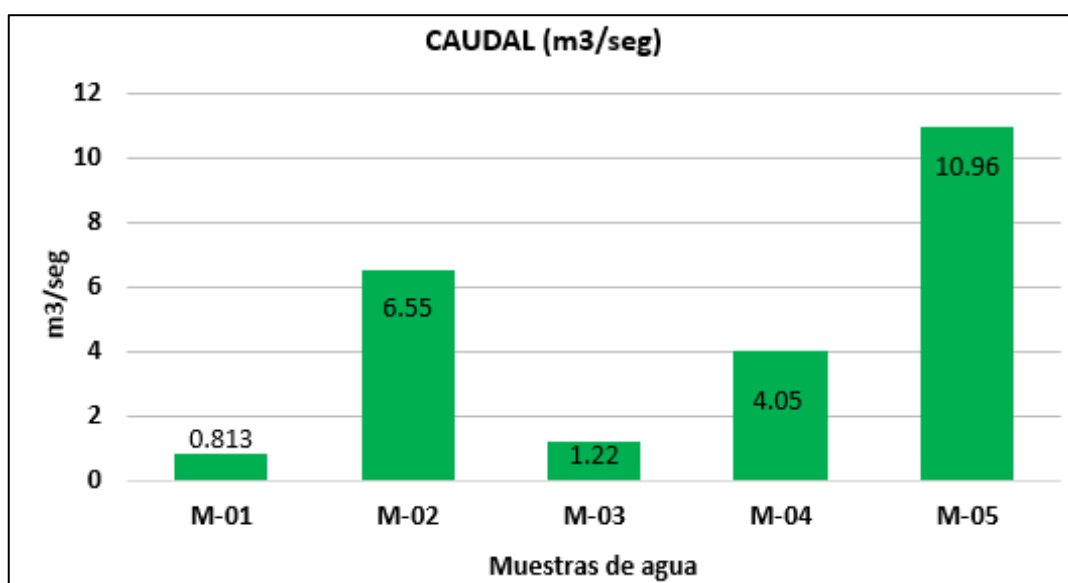


Gráfico N^o1. Caudal m³/seg. de ríos y quebrada.

4.1.1.2 Temperatura

Los valores de temperatura de los ríos y la quebrada en la microcuenca se deben a los niveles del terreno y a la influencia de la temperatura ambiente, siendo estos valores entre 11°C y 14° C.

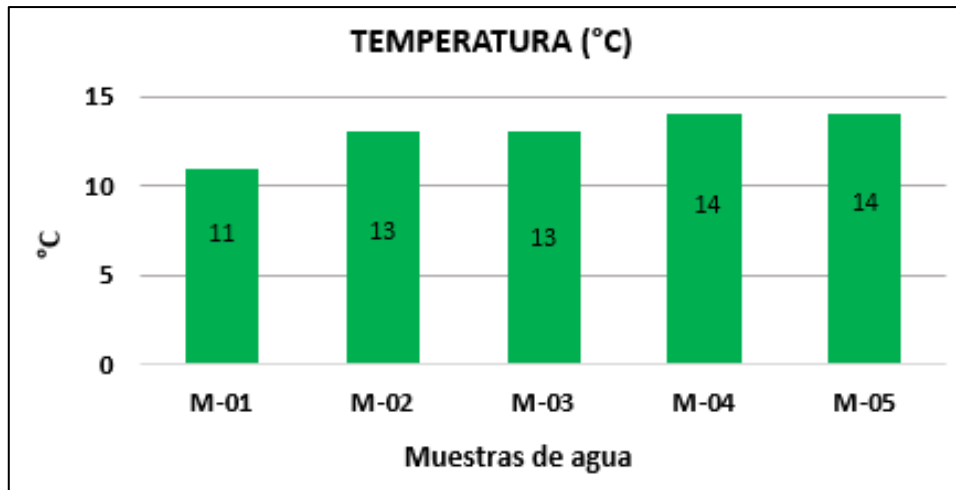


Gráfico N°2. Temperatura de muestras de agua.

4.1.1.3 Potencial Hidrógeno

La medición de pH se realizó in situ debido a que puede sufrir cambios por la pérdida o ganancia de gases disueltos, tales como dióxido de carbono (CO₂), Oxígeno (O₂), Metano (CH₄).

El valor de pH de las muestras M-03, M-04, M-05 se encuentran cerca de la neutralidad y de las muestras M-01, M-02 se encuentran con poca acidez.

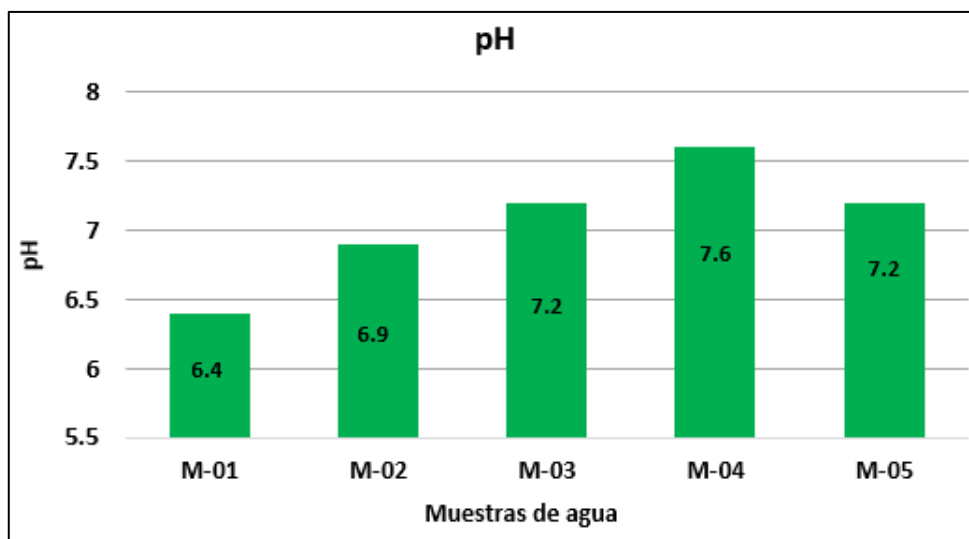


Gráfico N°3. pH de muestras de agua.

4.1.2 PARÁMETROS DE DETERMINADOS EN LABORATORIO

4.1.2.1 Conductividad Eléctrica

Las distribuciones de conductividad eléctrica en la microcuenca La Quispa se distingue por el predominio de valores entre 323.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 424.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estos valores indican zonas de baja a moderada mineralización, el valor más bajo de conductividad es de 30.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ el cual representa a una mineralización muy débil.

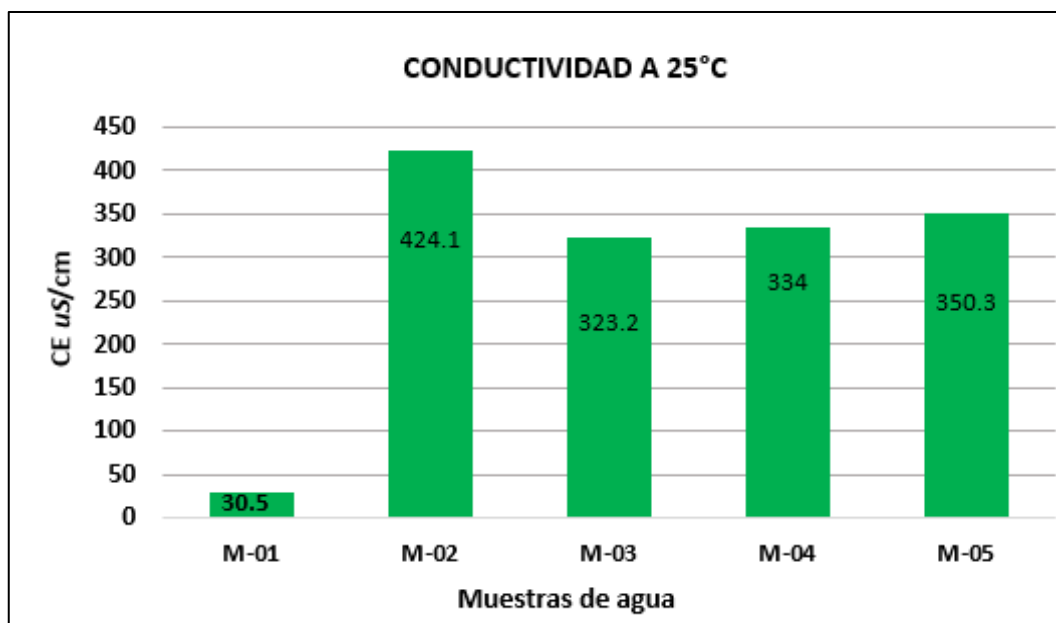


Gráfico N°4. Valores de Conductividad Eléctrica por muestra.

4.1.2.2 Sólidos Totales Disueltos

La concentración de sólidos totales disueltos presenta valores entre 199.5 mg/L a 240 mg/L y un valor de 20 mg/L, el cual indica según la clasificación basada en la concentración (Davis y Wiest, 1971) en ppm a agua dulce, la muestra M-02 tiene mayor concentración de sólidos totales disueltos debido a que su trayecto es más largo aportando sedimentos al recorrer por las Formaciones hasta llegar a los depósitos cuaternarios.

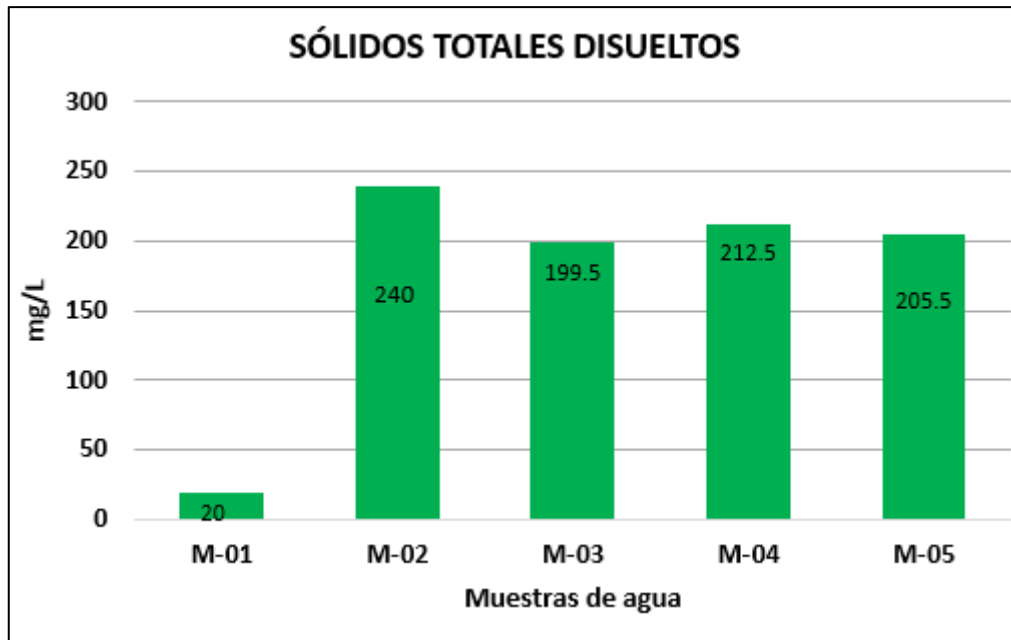


Gráfico N°5. Valores de Sólidos totales por muestra.

4.1.2.3 Dureza Total

El calcio y el magnesio son indicativos de la dureza total del agua y guardan relación con el pH, así las aguas de dureza baja (blandas) suelen ser al mismo tiempo ácidas (pH bajo), mientras que aguas de dureza elevada (duras) son por lo general alcalinas (pH alto). En las muestras M-02, M-03, M-04, M-05 de los ríos que conforman la microcuenca La Quispa se caracterizan por aguas de dureza elevada (duras) y la M-01, agua de dureza baja (blanda).

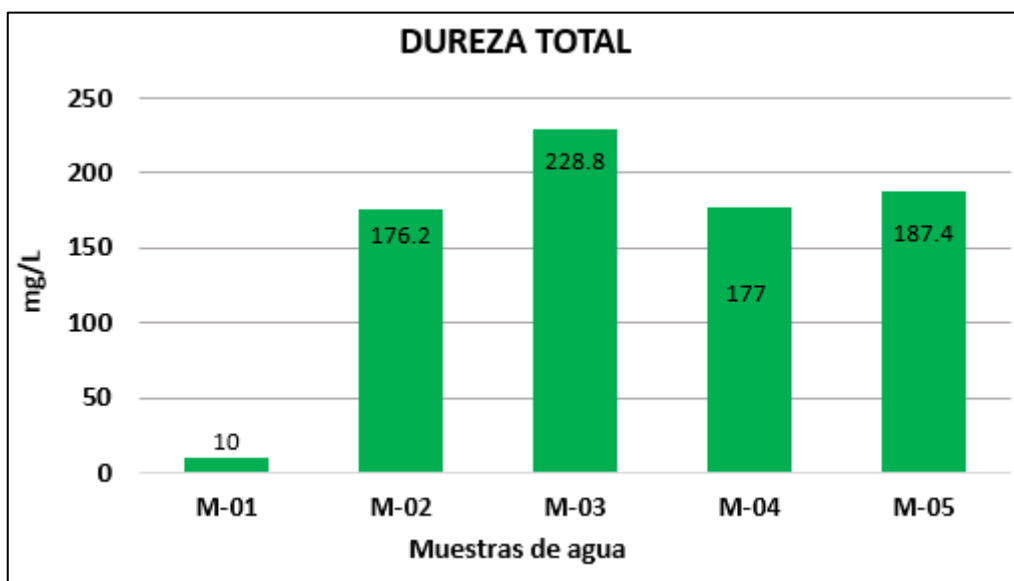


Gráfico N°6. Valores de Dureza Total por muestra.

4.1.2.4 Bicarbonatos

El contenido de bicarbonato procede de la disolución de CO₂ atmosférico o del suelo, así como también de la disolución de calizas ayudada por el CO₂, siendo esta litología característica del área de estudio, el mayor valor de bicarbonatos corresponde al río Las Quinuas, M-02, donde el río discurre por rocas sedimentarias, y el menor valor corresponde a la muestra del río La Rinconada el cual se encuentra influenciada por rocas de composición volcánica.

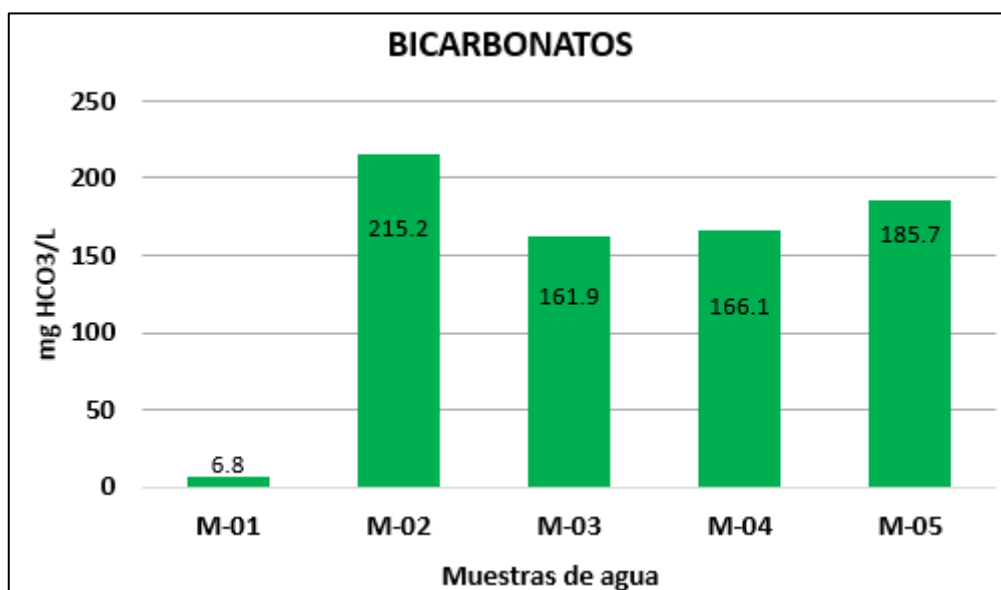


Gráfico N°7. Comparación de Dureza Total por muestra.

4.1.2.5 Fosfato

La concentración de este ión proviene de la aplicación de fertilizantes en suelos para cultivos agrícolas. Los fosfatos orgánicos son formados por procesos biológicos. Por otro lado, las formas inorgánicas del fósforo son principalmente fosfatos enlazados a hierro y calcio (Aminot, 1996)., en el río las Quinuas se encontró mayor aporte de este ión.

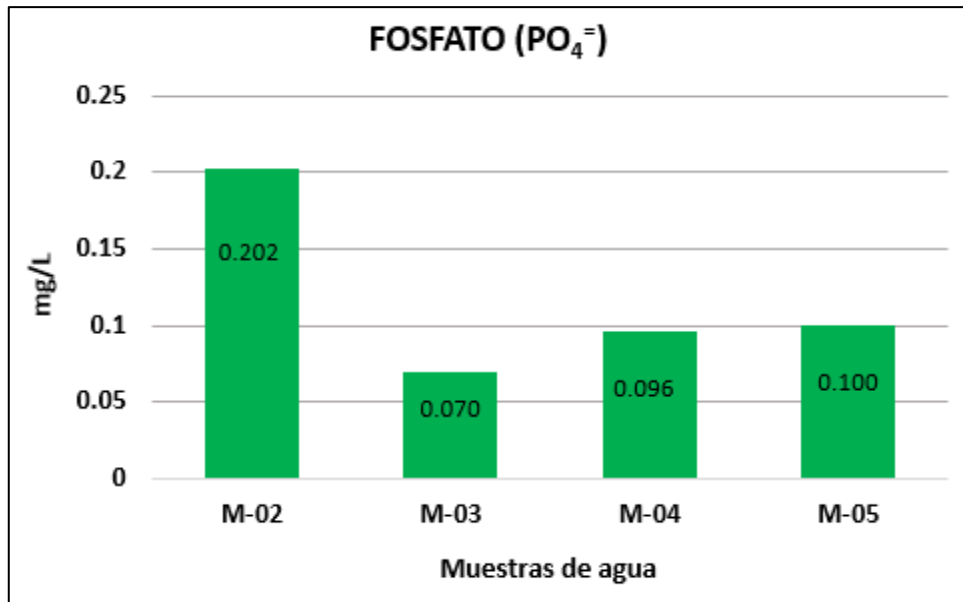


Gráfico N°8. Valores de Fosfato por muestra.

4.1.2.6 Sulfato

El ión sulfato procede de la oxidación de sulfuros de rocas volcánicas y sedimentarias que conforman la microcuenca, así como también de las actividades agrícolas que pueden aportar cantidades importantes, la muestra M-01 presenta mayor concentración de este ion en comparación con las demás debido a que dicho río discurre por ambos tipos de rocas.

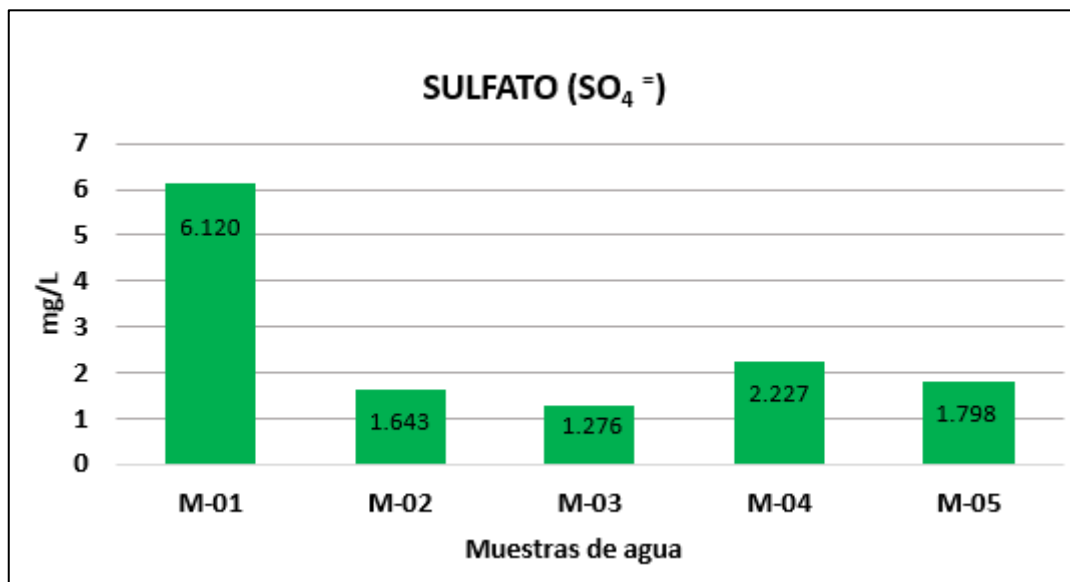


Gráfico N°9. Valores de Sulfato por muestra.

4.1.2.7 Nitrato

La concentración de este ión procede de la descomposición de materia orgánica, contaminación urbana y ganadera o de abonos agrícolas y en pequeña proporción del agua de lluvia, en las muestras el contenido de dicho ión es bajo pues oscila entre 0.210 mg/L a 1.046mg/L.

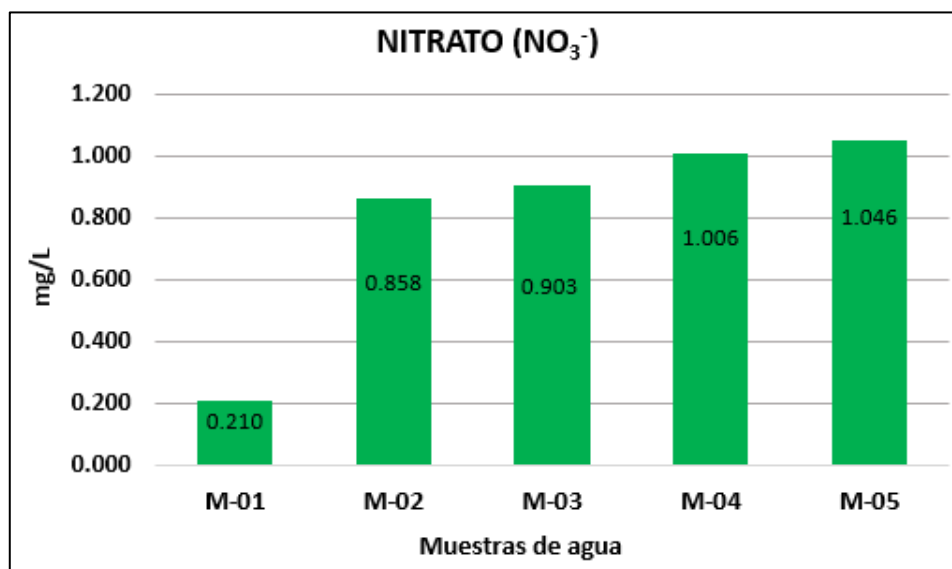


Gráfico N°10. Contenido de Nitrato por muestra.

4.1.2.8 Cloruro

El ión cloruro procede fundamentalmente del agua de lluvia y su concentración en el terreno, pues el aporte de este ión por rocas es pequeño por ser un elemento escaso en la corteza terrestre, en la microcuenca la concentración del ión no excede 1 mg/L.

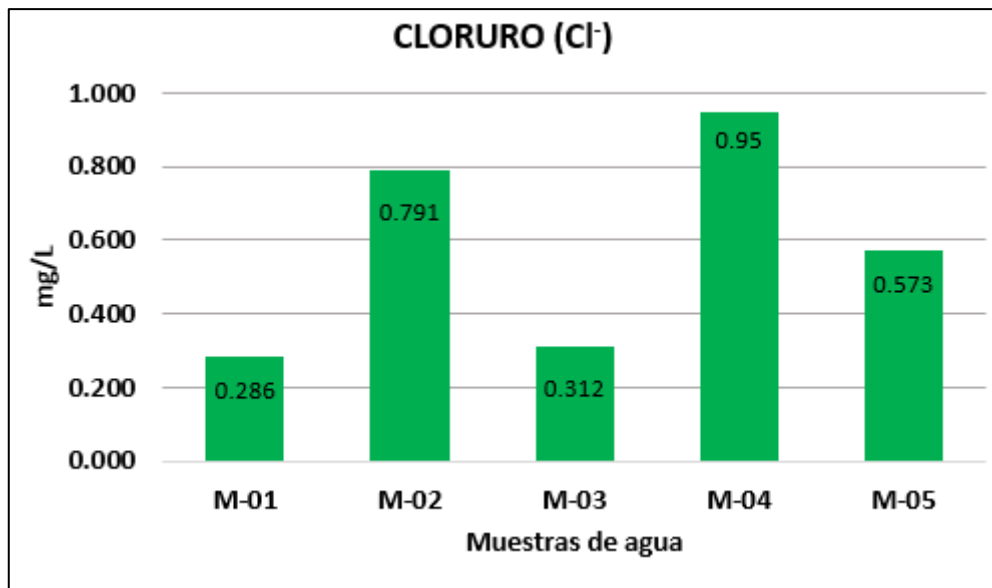


Gráfico N°11. Contenido de Cloruro por muestra.

4.1.2.9 Fluoruro

Los compuestos de F tienen una solubilidad baja por lo que la concentración es reducida, los valores de F⁻ en la microcuenca son bajos pues van de 0.06 mg/L a 0.13 mg/L.

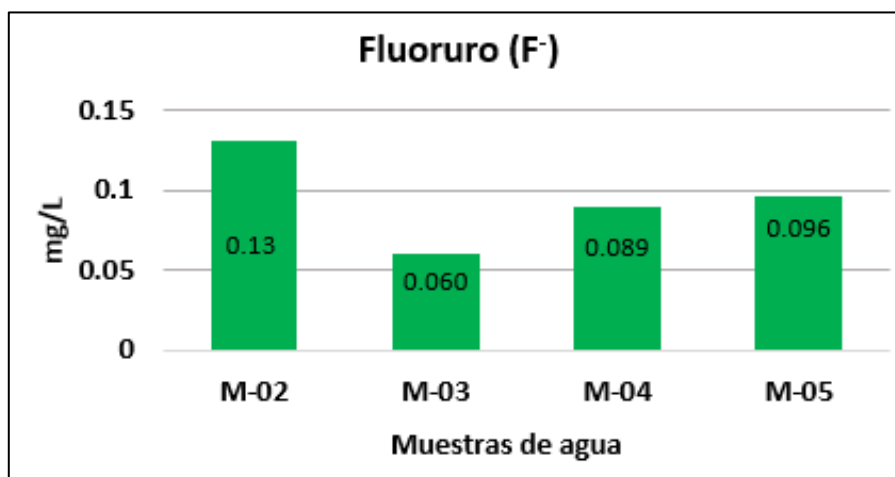


Gráfico N°12. Contenido de Fluoruro por muestra.

4.1.2.10 Arsénico

Los valores de As en aguas de río son relativamente bajos, en general inferiores a 0.8 µg/L. sin embargo la muestra M-01, que corresponde al río La Rinconada presenta contenido de arsénico, M-01 = 0.006 mg/L. La presencia de dicho elemento puede ser debido a que el arsénico es constituyente principal de

minerales, sulfuros (como la pirita, arsenopirita (FeAsS), óxidos (mayoritariamente de Fe y Mn) y este es liberado al ambiente a través de procesos naturales como la erosión y meteorización de rocas puede ser transportado a largas distancias como partículas en suspensión a través del agua y aire., (Kinniburgh and Smedley,2011).

4.1.2.11 Aluminio

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la Tierra, y constituye aproximadamente el 8% de la superficie terrestre. Casi todas las rocas contienen aluminio, por ejemplo, de aluminio silicatos (arcillas). El agua de lluvia puede disolver el aluminio del suelo y las rocas, y se puede encontrar disuelto en ciertos ríos. La presencia de este parámetro inorgánico es menor a 0.1 mg/L, excepto en la muestra M-01 del río la Rinconada que alcanza un valor de 2.549 mg/L.

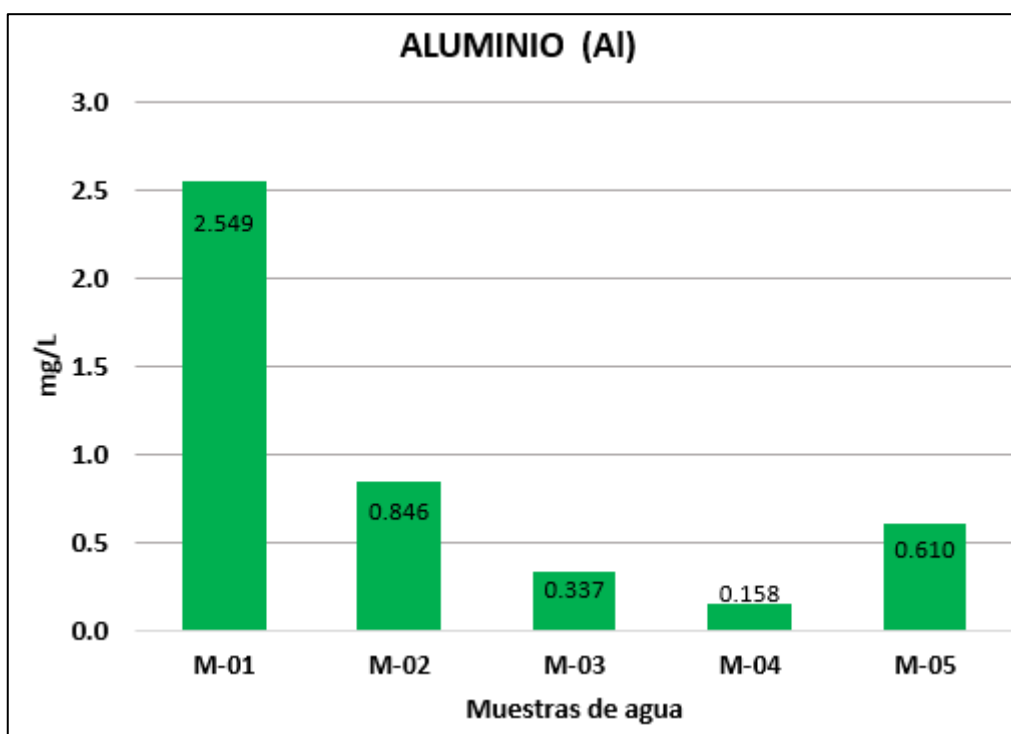


Gráfico N°13. Contenido de Aluminio por muestra.

4.1.2.13 Bario

Este elemento no se encuentra comúnmente en la naturaleza, debido a que algunos compuestos de bario (sulfato de bario y carbonato de bario) no se mezclan muy bien con agua, la cantidad de bario que se determinó en las muestras de agua es baja.

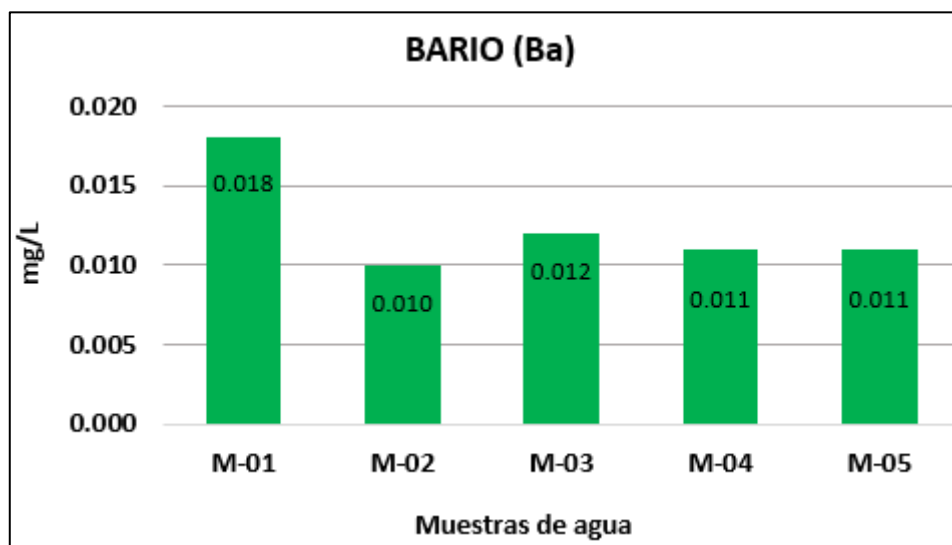


Gráfico N°14. Valores de Bario por muestra.

4.1.2.14 Calcio

Proviene de la disolución de calizas en la microcuenca, disolución del cemento calcáreo de muchas rocas, concentración de agua de lluvia y en otros casos del ataque de feldespatos y otros silicatos cálcicos todas las muestras (M-02, M-03, M-04, M-05) tienen un mayor aporte de este ión ya que cumplen con las características antes mencionadas, la muestra M-01 se encuentra influenciada por rocas de composición volcánica disminuyendo su aporte notablemente de dicho ión.

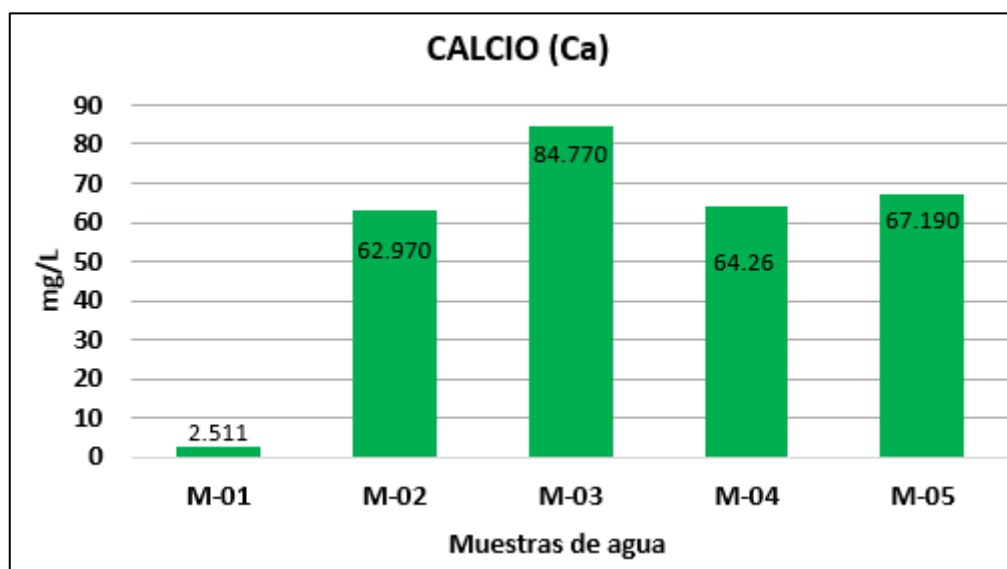


Gráfico N°15. Contenido de Calcio por muestra.

4.1.2.15 Cobalto

La muestra M-01, que corresponde al río La Rinconada presenta bajo contenido de cobalto, M-01 = 0.002 mg/L, el cual está relacionado con otros elementos como el hierro, níquel, zinc. En las Muestras M-02, M-03, M-04, M-05 no se encontró este elemento.

4.1.2.16 Hierro

La concentración de Hierro procede de rocas sedimentarias así como también de sulfuros y óxidos de hierro, donde la mayor concentración se ubicó en el Río La Rinconada (M-01) caracterizada por el afloramiento de rocas de composición volcánica cuya composición mineral comprende generalmente plagioclasa y otros minerales ferromagnesianos como piroxeno, biotita y hornblenda.

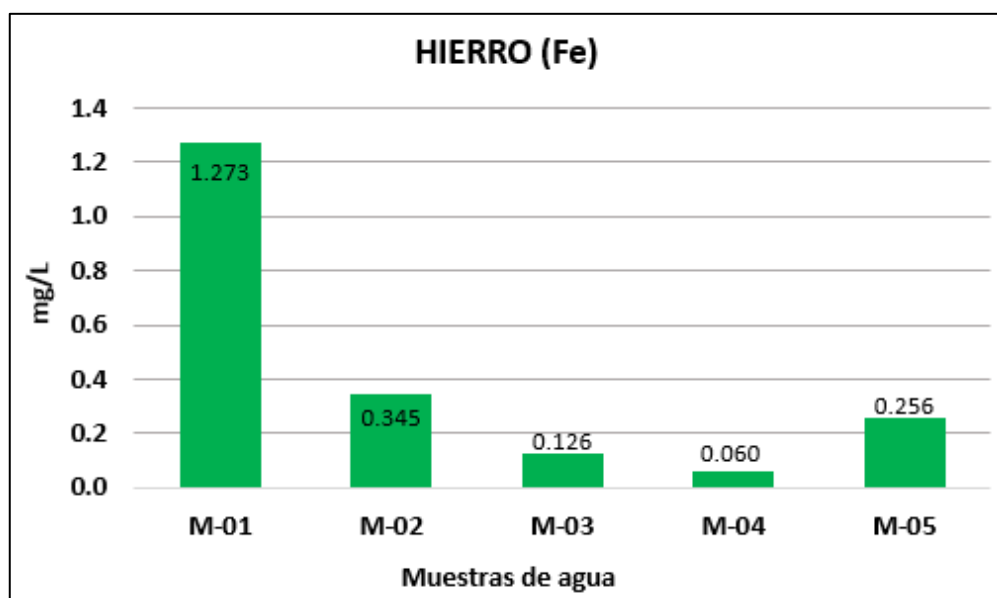


Gráfico N°16. Contenido de Hierro por muestra.

4.1.2.17 Potasio

La concentración del catión proviene de la ortosa y otros silicatos (micas, arcillas), también en pequeña cantidad de aportes del agua de lluvia y de la contaminación agrícola (abonos), el valor promedio de concentración este ión en la microcuenca es de 1 mg/L.

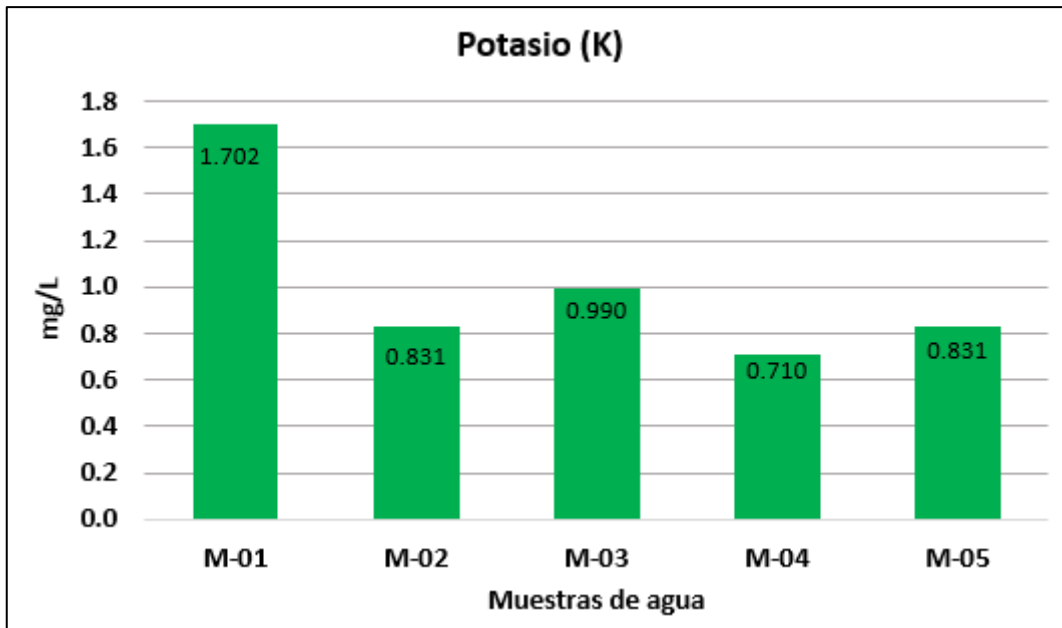


Gráfico N°17. Contenido de Potasio por muestra.

4.1.2.18 Magnesio

La concentración de Mg^{2+} proviene de disolución de rocas carbonatadas y de la alteración de silicatos ferromagnesianos que conforman la microcuenca, aunque se disuelve más lentamente es más soluble que el Ca, la mayor concentración se encontró en la muestra M-03 de la quebrada Rosamayo.

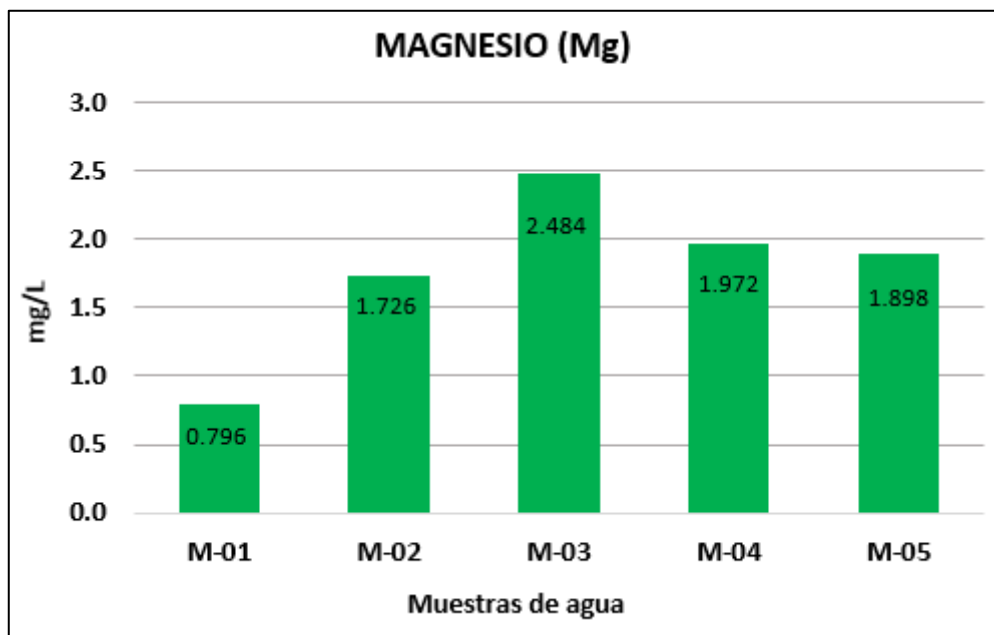


Gráfico N°18. Concentración de Magnesio por muestra.

4.1.2.19 Manganeso

El manganeso suele estar asociada al hierro y se encuentra de manera natural en muchas fuentes de agua superficiales y subterráneas, este elemento solo se encontró en las muestras M-01 = 0.137 mg/L, M-02 = 0.010 mg/L, M-05 = 0.010 mg/L.

4.1.2.20 Sodio

La concentración de este catión proviene de la descomposición de feldespatos, feldespatoides, silicatos y también de la liberación de algunos constituyentes de rocas de composición volcánica. Los valores de concentración de este ión en la microcuenca son bajos, con un promedio de 0.79 mg/L.

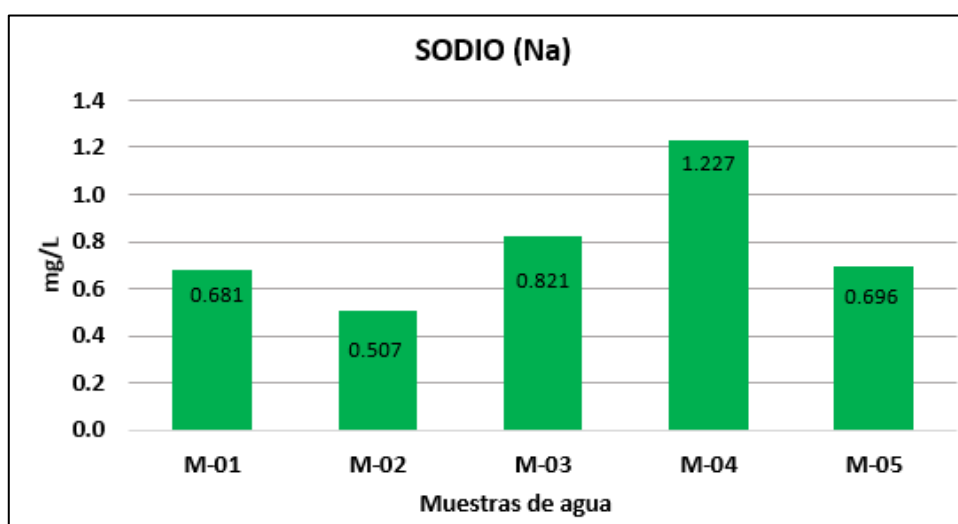


Gráfico N°19. Concentración de Sodio por muestra.

4.1.2.21 Níquel

El Níquel aparece asociado a minerales de hierro y manganeso, cuya disolución de éstos puede liberar dicho elemento, este elemento solo se encontró en la muestra M-01 = 0.002 mg/L, del río La Rinconada.

4.1.2.22 Fósforo

El fósforo ingresa a las aguas naturales superficiales a través de vertidos residuales domésticos y por escorrentía de la actividad agrícola y debido a su capacidad como nutriente, es la responsable del crecimiento de las algas en los cuerpos naturales de agua.

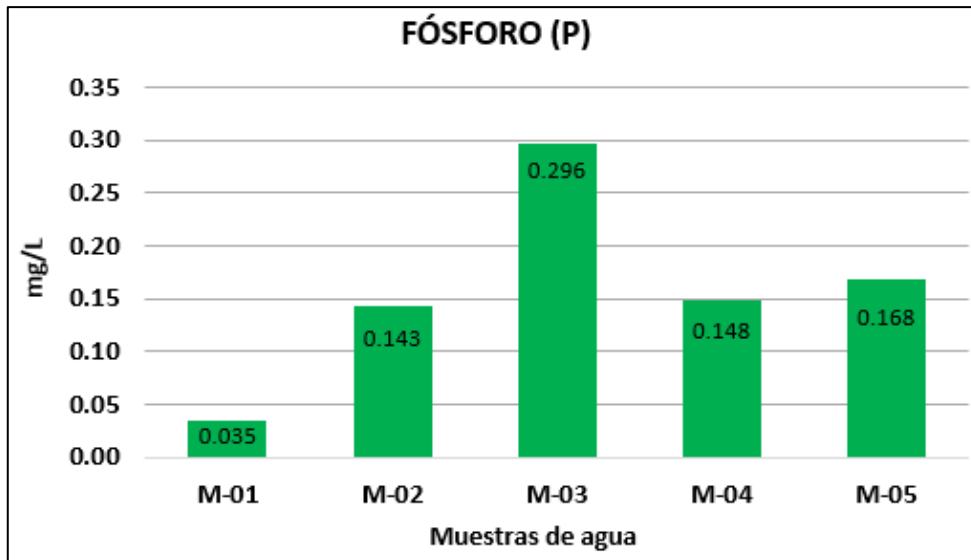


Gráfico N°20. Concentración de Fósforo por muestra.

4.1.2.23 Azufre

El azufre es un elemento no metálico que se encuentra en numerosos minerales y rocas sedimentarias. Las fuentes naturales del azufre incluyen: descomposición y combustión de materia orgánica. El valor promedio de concentración de este ión en la microcuenca es de 1.88 mg/L.

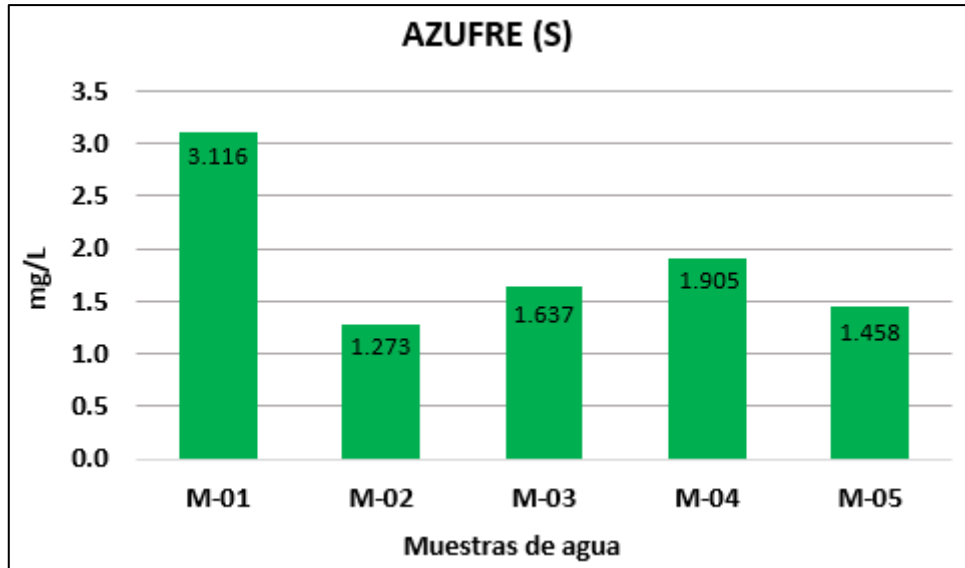


Gráfico N°21. Contenido de Azufre por muestra.

4.1.2.24 Silicio

El origen de la sílice disuelta proviene de rocas silicatadas (intemperismo especialmente de feldspatos y de minerales de arcilla). El rango de concentraciones en la microcuenca va de 3 mg/L a 8mg/L.

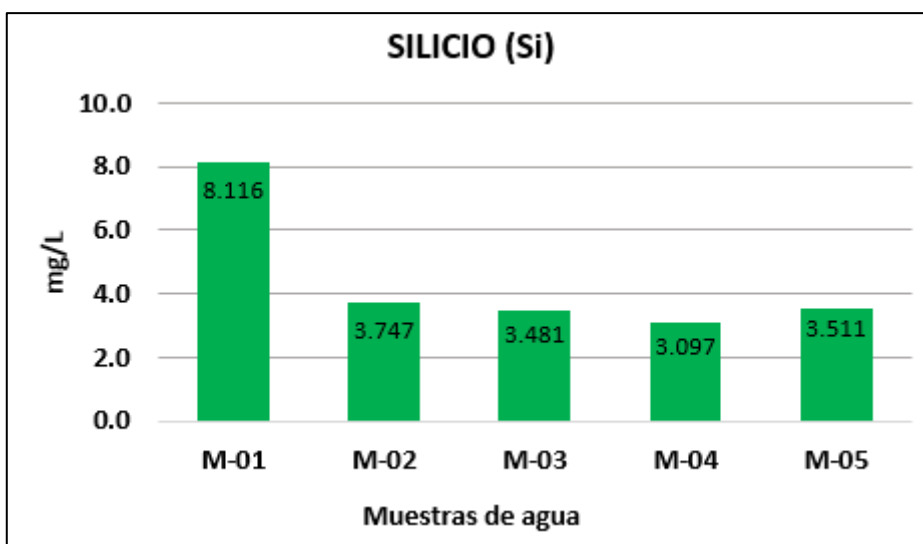


Gráfico N°22. Contenido de Silicio por muestra.

4.1.2.25 Estroncio

Entre los constituyentes minoritarios, el estroncio es el que está más fuerte ligado a los procesos de disolución de rocas carbonatadas (Fidelibus,1991), siendo una de las causas principales de la liberación del estroncio y su enriquecimiento en las aguas.

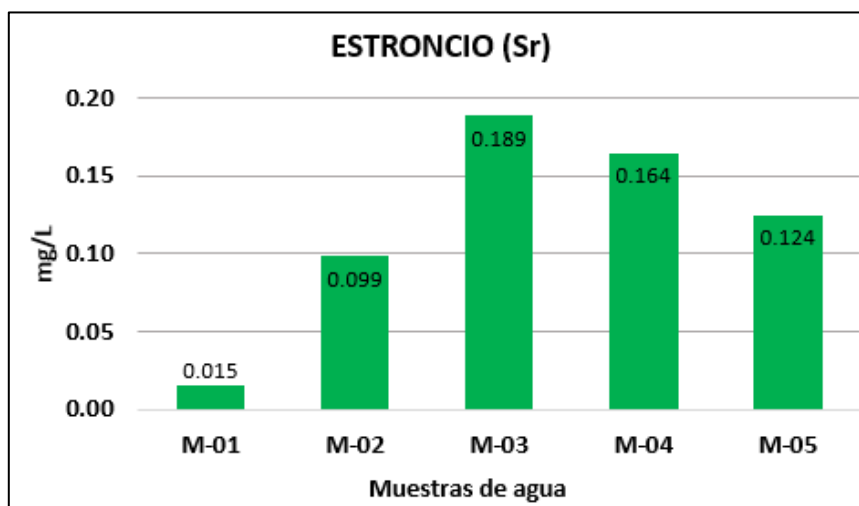


Gráfico N°23. Concentración de Estroncio por muestra.

4.1.2.26 Titanio

El titanio es un elemento abundante en la corteza terrestre, siendo excedido sólo por otros ocho elementos (O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K y Mg).

La presencia de este elemento en las muestras de los ríos no supera a 0.1 mg/L.

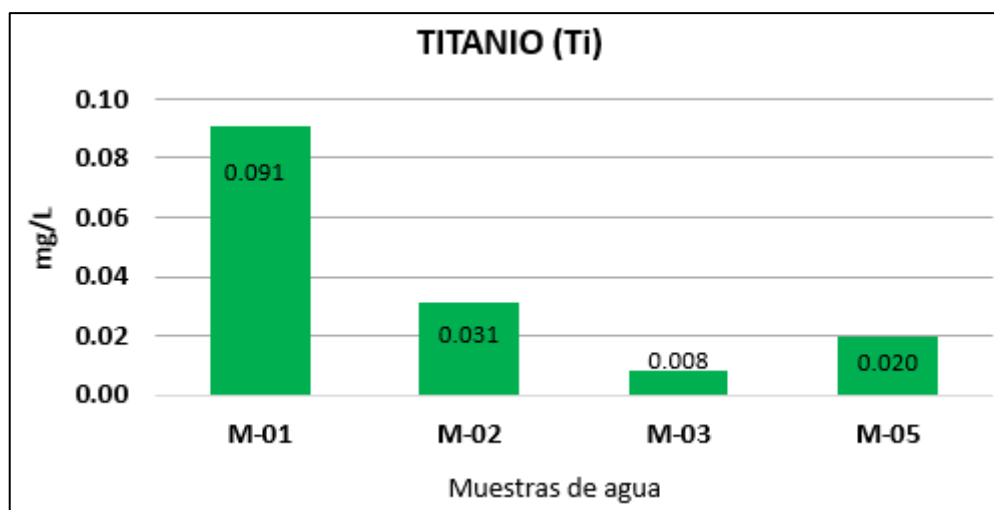


Gráfico N°24. Contenido de Titanio por muestra.

4.1.2.27 Uranio

La muestra M-01, que corresponde al río La Rinconada presenta bajo contenido de este elemento, M-01 = 0.006 mg/L. En las Muestras M-02, M-03, M-04, M-05 no se encontró este elemento.

4.1.2.28 Vanadio

La cantidad de este elemento en el agua de río se estiman de 0.0001 - 0.0116 mg/L (Renau 2010)., las muestras M-01, M-02 que corresponden al río La Rinconada y Las Quinuas presentan (0.006 mg/L) y la muestra M-05 (Río La Quispa) = 0.004 mg/L. los cuales están dentro de este rango, debido a las características litológicas de la microcuenca se relaciona a que la presencia de V natural está presente en rocas ígneas, arcillas, minerales de hierro y asociadas al uranio.

4.1.2.29 Zinc

El zinc se encuentra en el agua, suelo, aire y se puede combinar con otros elementos, como cloro, oxígeno y azufre para formar compuestos, la única muestra con este contenido es la M-01 = 0.020 mg/L la cual pertenece al río La Rinconada. La Concentración de elementos químicos de manera general de los ríos y quebrada se observa en dos gráficos de barras apiladas. (Anexos)

El mapa N°10 corresponde al mapa hidrogeoquímico y los constituyentes minoritarios (Si,Al,Fe,S).

4.1.3 CLASIFICACIÓN DEL AGUA

Para visualizar la composición hidroquímica que tiene la microcuenca La Quispa, se realizó un mapa hidrogeoquímico con representaciones gráficas (Mapa N°08) que permiten ver las concentraciones de aniones y cationes mayoritarios de cada estación de muestreo, el muestreo se realizó en aguas superficiales, donde la predominancia de iones son bicarbonatadas cálcicas, producto de la circulación en superficies de rocas sedimentarias, (Custodio 1983).

Cuadro N°11: Cationes y aniones de la microcuenca La Quispa en meq/l.

Nombre	Cationes					Aniones			
	Ca meq/l	Mg meq/l	Na meq/l	K meq/l	Total	HCO ₃ meq/l	SO ₄ meq/l	Cl meq/l	Total
Río La Rinconada	0.13	0.06	0.03	0.05	0.27	0.14	0.12	0.01	0.27
Río Las Quinuas	3.15	0.14	0.02	0.02	3.33	4.30	0.03	0.02	4.35
Q.Rosamayo	4.24	0.20	0.03	0.03	4.5	3.24	0.03	0.01	3.28
Río Tambomayo	3.21	0.16	0.05	0.02	3.44	3.32	0.04	0.03	3.39
Río La Quispa	3.36	0.15	0.03	0.02	3.56	3.71	0.04	0.02	3.77

Para determinar la expresión de la clasificación de aguas a cada posible ordenación de aniones y cationes se va agrupando la concentración de dichos iones según los grupos determinados por (Schoeller,1962) en este caso el grupo es : HCO₃>SO₄>Cl (aniones) y Ca>Mg>Na (cationes).

Cuadro N°12: Iones predominantes (facies químicas de aguas) de la microcuenca La Quispa

Nombre	Código	Cationes Dominantes	Aniones Dominantes	Denominación
Río La Rinconada	M-01	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Calcica Bicarbonatada - Magnésica Sulfatada
Río Las Quinuas	M-02	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Calcica Bicarbonatada - Magnésica Sulfatada
Q.Rosamayo	M-03	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Calcica Bicarbonatada- Magnésica sulfatada
Río Tambomayo	M-04	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Calcica Bicarbonatada- Magnésica sulfatada
Río La Quispa	M-05	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Calcica Bicarbonatada- Magnésica sulfatada

4.1.4 CONCENTRACIÓN DE IONES EN PORCENTAJE

4.1.4.1 M-01: Río La Rinconada.

Del gráfico N°25 generado a partir de los datos de iones, se determina que el Río La Rinconada tiene mayor porcentaje del ión bicarbonato (25.93%), seguido del ión calcio (24.07), indicándonos que el agua es bicarbonatada cálcica.

Cuadro N°13: Porcentaje de concentración de iones, M-01.

Nombre	Iones							Total
	Ca meq/l	Mg meq/l	Na meq/l	K meq/l	HCO ₃ meq/l	SO ₄ meq/l	Cl meq/l	
Río La Rinconada	0.13	0.06	0.03	0.05	0.14	0.12	0.01	0.54
Porcentaje	24.07	11.11	5.56	9.26	25.93	22.22	1.85	100

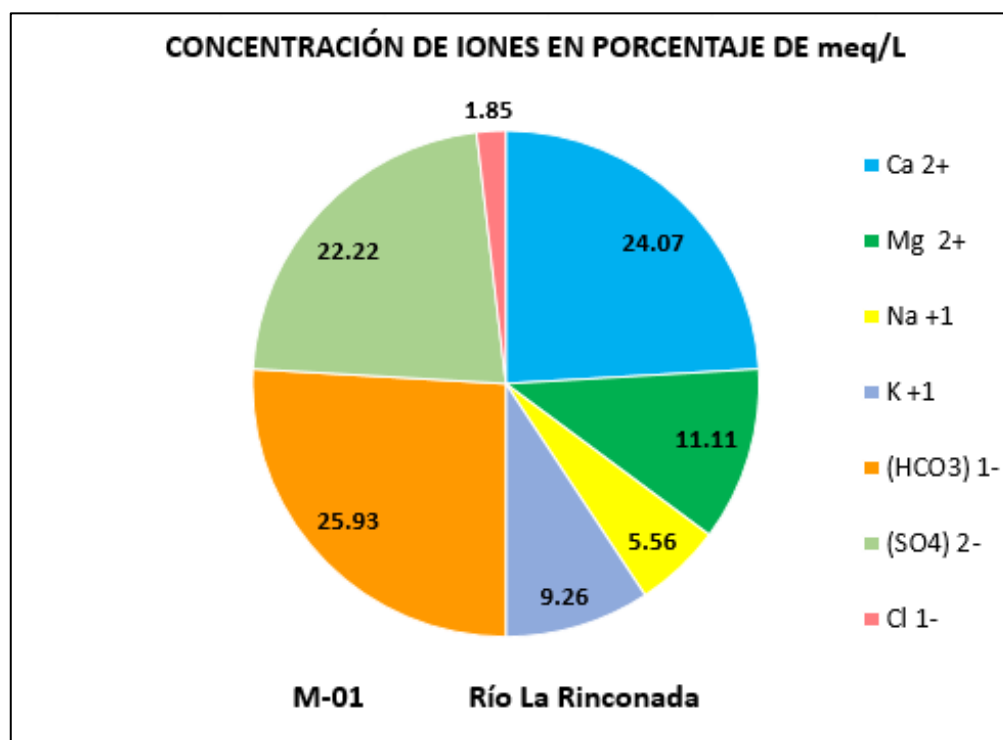


Gráfico N°25. Concentración de iones en porcentaje de meq/l, M-01.

4.1.4.2 M-02: Río Las Quinuas

Del gráfico N°26 generado a partir de los datos de iones, se determina que el Río Las Quinuas tiene mayor porcentaje del ión bicarbonato (55.99%), seguido del ión calcio (41.02%), indicándonos que el agua es bicarbonatada cálcica.

Cuadro N°14: Porcentaje de concentración de iones, M-02.

Nombre	Iones							Total
	Ca meq/l	Mg meq/l	Na meq/l	K meq/l	HCO ₃ meq/l	SO ₄ meq/l	Cl meq/l	
Río Las Quinquas	3.15	0.14	0.02	0.02	4.30	0.03	0.02	7.68
Porcentaje	41.02	1.82	0.26	0.26	55.99	0.39	0.26	100

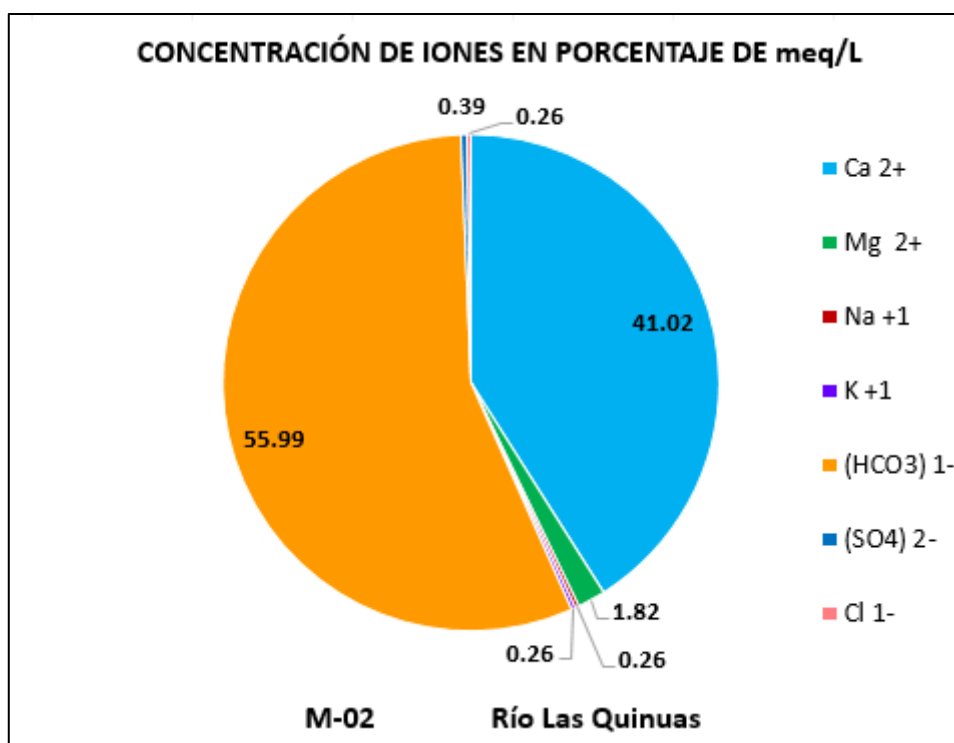


Gráfico N°26. Concentración de iones en porcentaje de meq/l, M-02.

4.1.4.3 M-03: Quebrada Rosamayo

Del gráfico N°27 generado a partir de los datos de iones, se determina que La Quebrada Rosamayo tiene mayor porcentaje del ión calcio (54.50%), seguido del ión bicarbonato (41.65 %), indicándonos que el agua es cálcica bicarbonatada.

Cuadro N°15: Porcentaje de concentración de iones, M-03.

Nombre	Iones							Total
	Ca meq/l	Mg meq/l	Na meq/l	K meq/l	HCO ₃ meq/l	SO ₄ meq/l	Cl meq/l	
Q. Rosamayo	4.24	0.20	0.03	0.03	3.24	0.03	0.01	7.78
Pocentaje	54.50	2.57	0.39	0.39	41.65	0.39	0.13	100

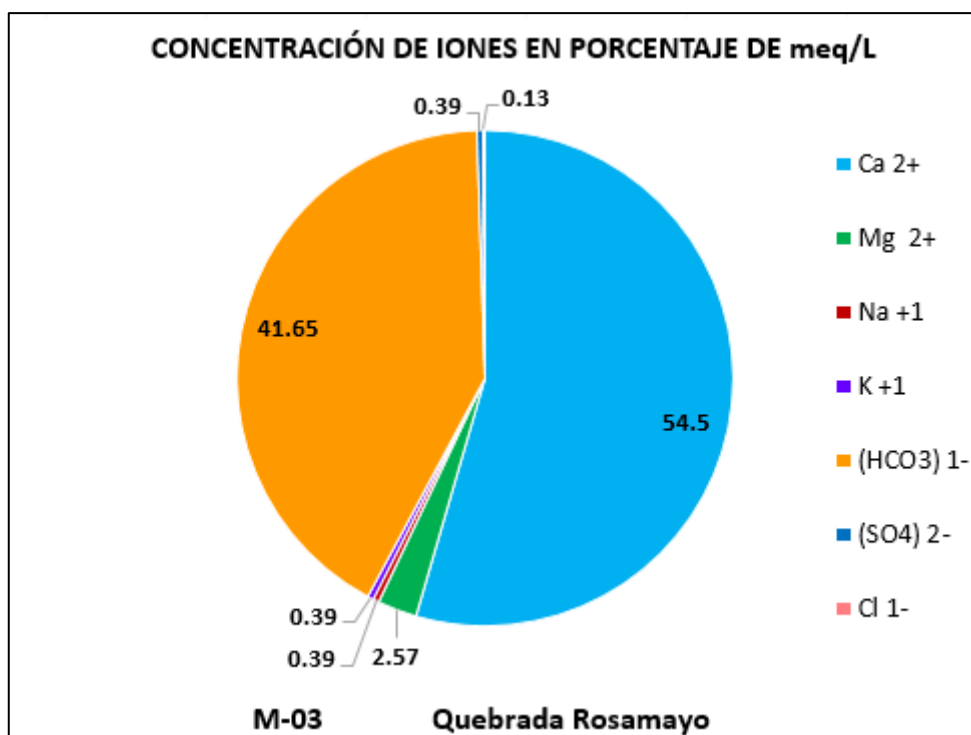


Gráfico N°27. Concentración de iones en porcentaje de meq/l, M-03.

4.1.4.4 M-04: Río Tambomayo

Del gráfico N°28 generado a partir de los datos de iones, se determina que el Río Tambomayo tiene mayor porcentaje del ión bicarbonato (48.61 %), seguido del ión calcio (47 %), indicándonos que el agua es bicarbonatada cálcica.

Cuadro N°16: Porcentaje de concentración de iones, M-04.

Nombre	Iones							Total
	Ca meq/l	Mg meq/l	Na meq/l	K meq/l	HCO ₃ meq/l	SO ₄ meq/l	Cl meq/l	
Río Tambomayo	3.21	0.16	0.05	0.02	3.32	0.04	0.03	6.83
Porcentaje	47	2.34	0.73	0.29	48.61	0.59	0.44	100

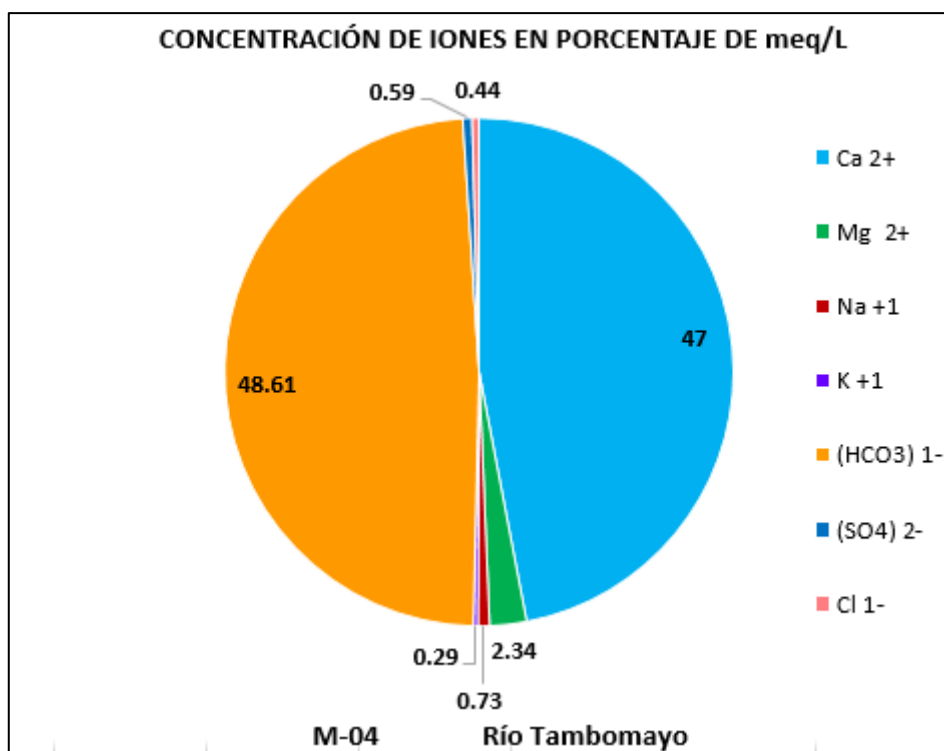


Gráfico N°28. Concentración de iones en porcentaje de meq/l, M-04.

4.1.4.5 M-05: Río La Quispa

Del gráfico N°29 generado a partir de los datos de iones, se determina que el Río La Quispa tiene mayor porcentaje del ión bicarbonato (50.61 %), seguido del ión calcio (45.84 %), indicándonos que el agua es bicarbonatada cálcica.

Cuadro N°17: Porcentaje de concentración de iones, M-05.

Nombre	Iones							Total
	Ca meq/l	Mg meq/l	Na meq/l	K meq/l	HCO ₃ meq/l	SO ₄ meq/l	Cl meq/l	
Río La Quispa	3.36	0.15	0.03	0.02	3.71	0.04	0.02	7.33
Porcentaje	45.84	2.05	0.41	0.27	50.61	0.55	0.27	100

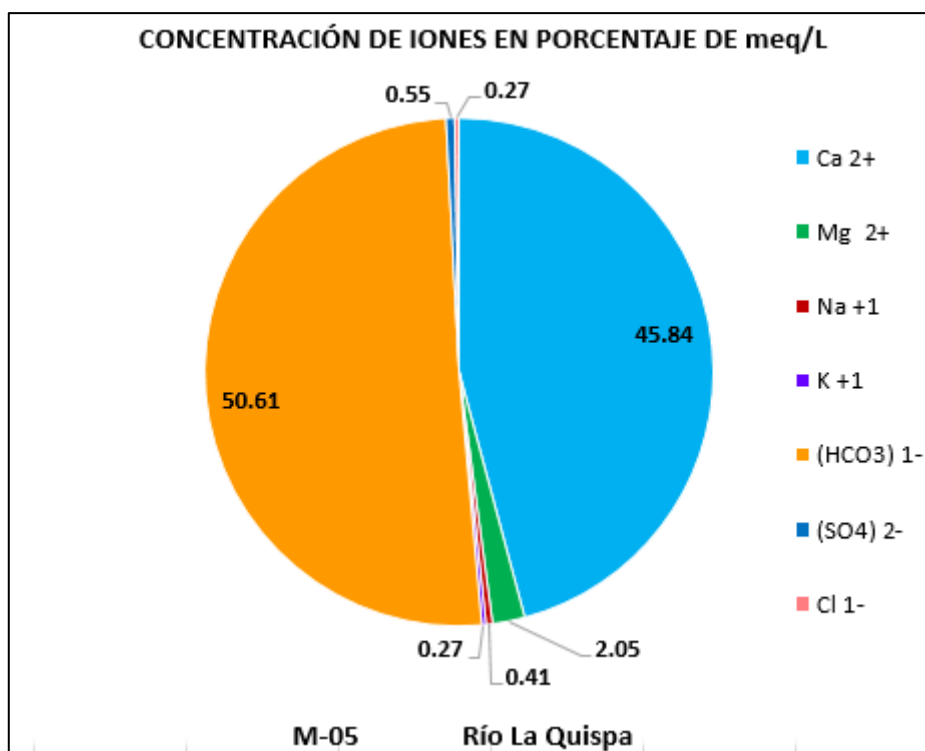


Gráfico N°29. Concentración de iones en porcentaje de meq/l, M-05.

4.1.5 CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS SEGÚN DIAGRAMA DE PIPER.

Se realizaron los diagramas de Piper para visualizar la predominancia de cationes y aniones mayoritarios, en estos diagramas los puntos que quedan agrupados definen las facies. Para la elaboración de dicho diagrama se utilizaron los resultados obtenidos en laboratorio, realizando la transformación de unidades mg/L a meq/L respectivamente y agrupar la suma de cationes al 100% al igual que los aniones y finalmente ser plasmados en el diagrama.

4.1.5.1 Diagrama de Piper, M-01.

Cuadro N°18: Cationes y Aniones, M-01.

Nombre	Cationes				Aniones				
	Ca meq/l	Mg meq/l	Na + K meq/l	Total	HCO ₃ meq/l	SO ₄ meq/l	Cl meq/l	CO ₃ meq/l	Total
Río La Rinconada	0.13	0.06	0.08	0.27	0.14	0.12	0.01	0.20	0.47
Porcentaje	46.94	23.80	29.26	100	29.25	26.32	1.85	42.58	100

DIAGRAMA DE PIPER – Río La Rinconada

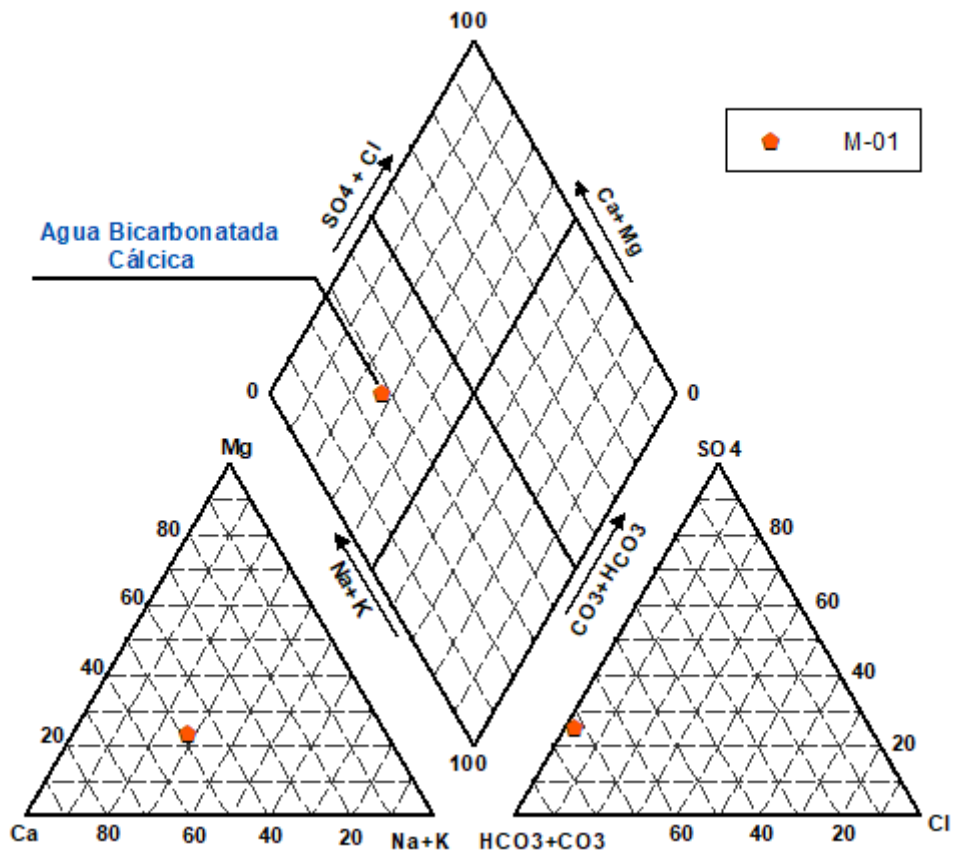


Gráfico N°30. Diagrama de Piper, M-01.

4.1.5.2 Diagrama de Piper, M-02.

Cuadro N°19: Cationes y Aniones, M-02.

Nombre	Cationes				Aniones				
	Ca meq/l	Mg meq/l	Na + K meq/l	Total	HCO ₃ meq/l	SO ₄ meq/l	Cl meq/l	CO ₃ meq/l	Total
Río Las Quinuas	3.15	0.14	0.04	3.33	4.30	0.03	0.02	6.35	10.7
Porcentaje	94.50	4.14	1.36	100	40.19	0.31	0.22	59.28	100

DIAGRAMA DE PIPER – Río Las Quinquas

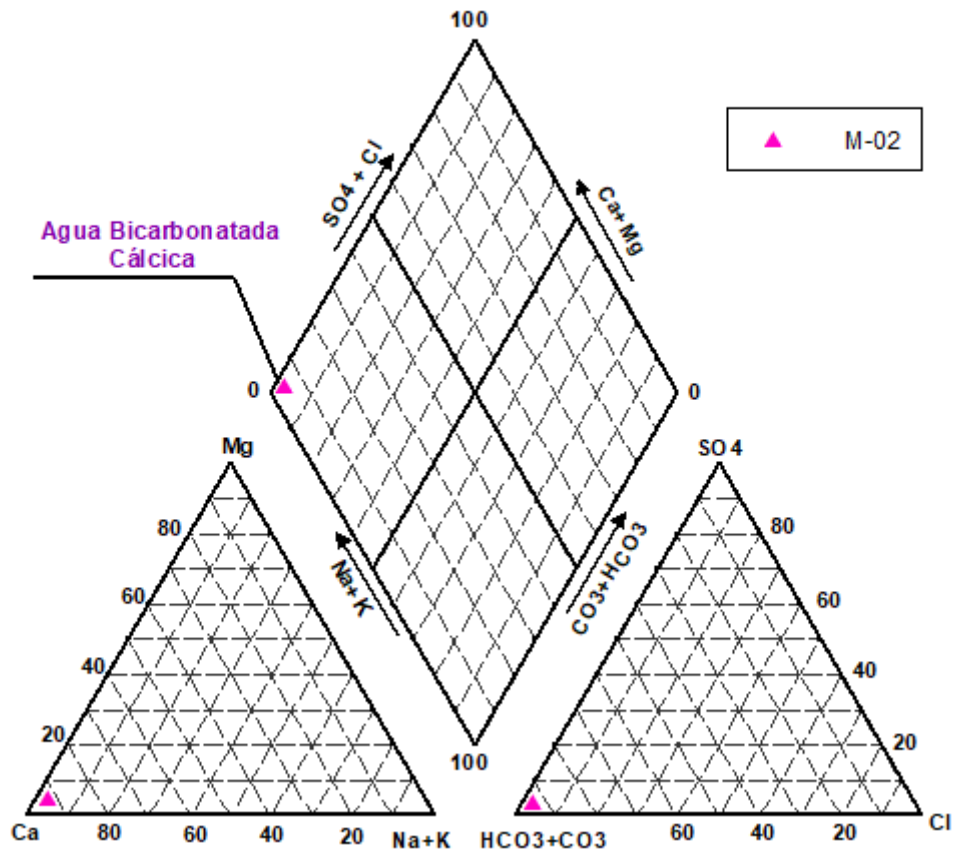


Gráfico N°31. Diagrama de Piper, M-02.

4.1.5.3 Diagrama de Piper, M-03.

Cuadro N°20: Cationes y Aniones, M-03.

Nombre	Cationes				Aniones				
	Ca meq/l	Mg meq/l	Na + K meq/l	Total	HCO ₃ meq/l	SO ₄ meq/l	Cl meq/l	CO ₃ meq/l	Total
Qda. Rosamayo	4.24	0.20	0.06	4.5	3.24	0.03	0.01	4.78	8.06
Porcentaje	94.19	4.42	1.39	100	40.23	0.32	0.12	59.34	100

DIAGRAMA DE PIPER – Qda.Rosamayo

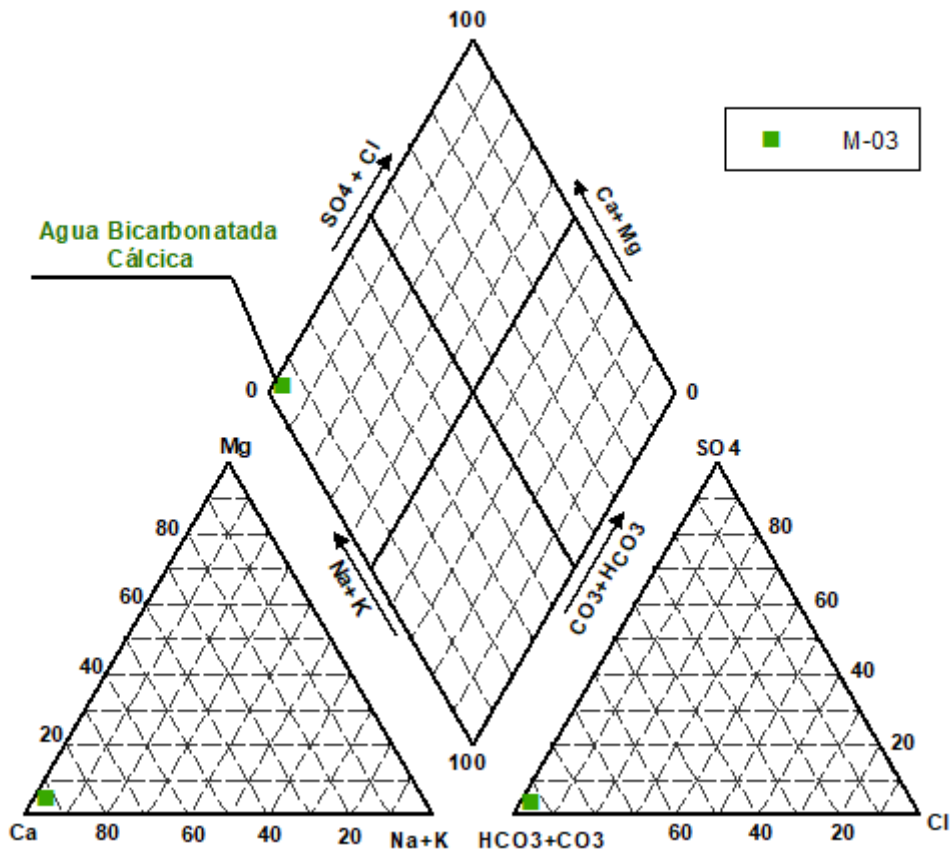


Gráfico N°32. Diagrama de Piper, M-03.

4.1.5.4 Diagrama de Piper, M-04.

Cuadro N°21: Cationes y Aniones, M-04.

Nombre	Cationes				Aniones				
	Ca meq/l	Mg meq/l	Na + K meq/l	Total	HCO ₃ meq/l	SO ₄ meq/l	Cl meq/l	CO ₃ meq/l	Total
Río Tambomayo	3.21	0.16	0.07	3.44	3.32	0.04	0.03	4.90	8.29
Porcentaje	93.37	4.58	2.05	100	40.04	0.54	0.34	59.08	100

DIAGRAMA DE PIPER – Río Tambomayo

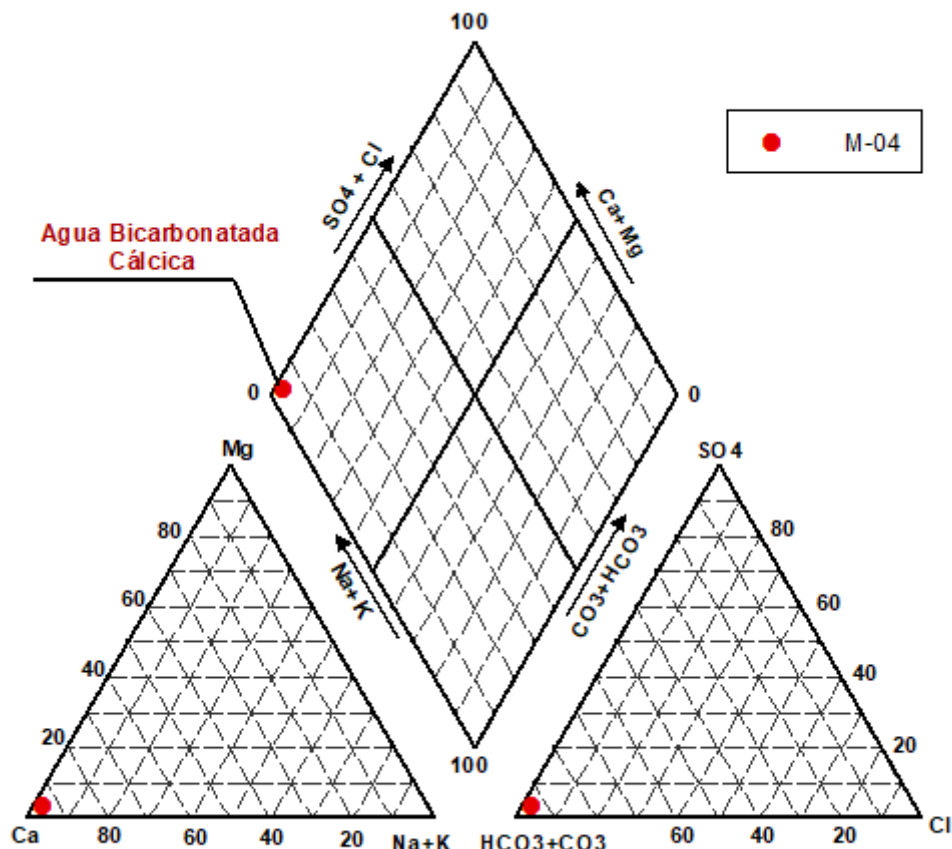


Gráfico N°33. Diagrama de Piper, M-04.

4.1.5.5 Diagrama de Piper, M-05.

Cuadro N°22: Cationes y Aniones, M-05.

Nombre	Cationes				Aniones				
	Ca meq/l	Mg meq/l	Na + K meq/l	Total	HCO ₃ meq/l	SO ₄ meq/l	Cl meq/l	CO ₃ meq/l	Total
Río La Quispa	3.36	0.15	0.05	3.56	3.71	0.04	0.02	5.48	9.25
Porcentaje	94.26	4.26	1.48	100	40.17	0.39	0.19	59.25	100

DIAGRAMA DE PIPER – Río La Quispa

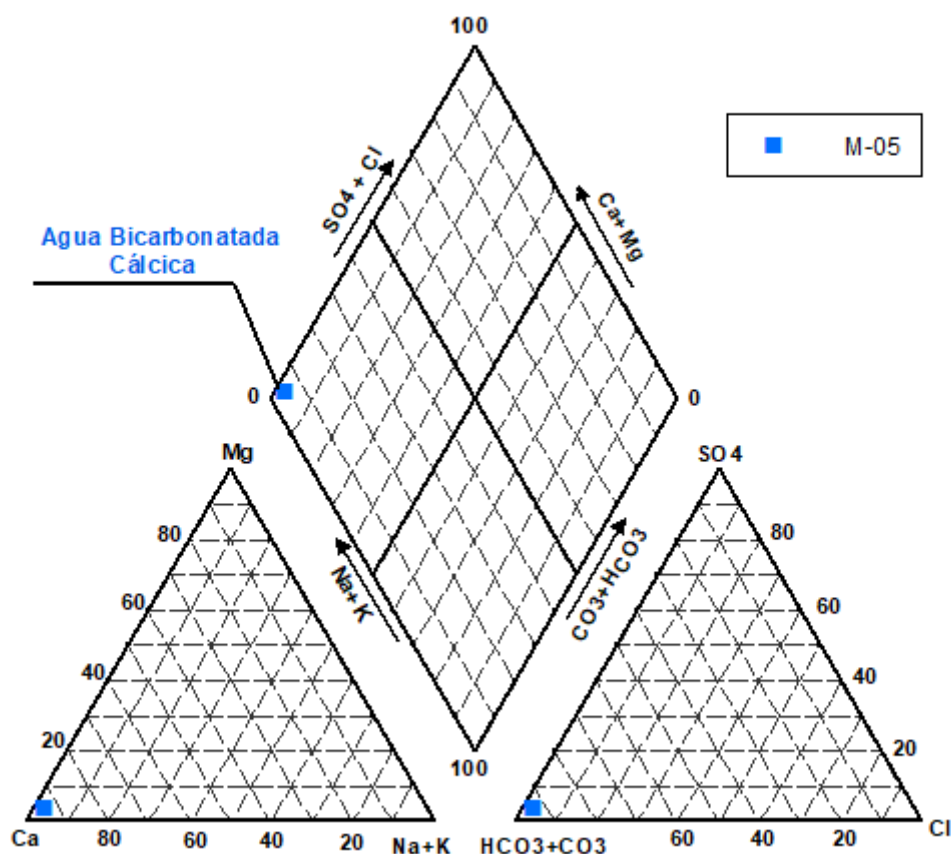


Gráfico N°34. Diagrama de Piper, M-05.

Según la interpretación de facies del Diagrama de Piper Hill Langelier, las 5 muestras de la microcuenca La Quispa se definen como Bicarbonatadas Cállicas.

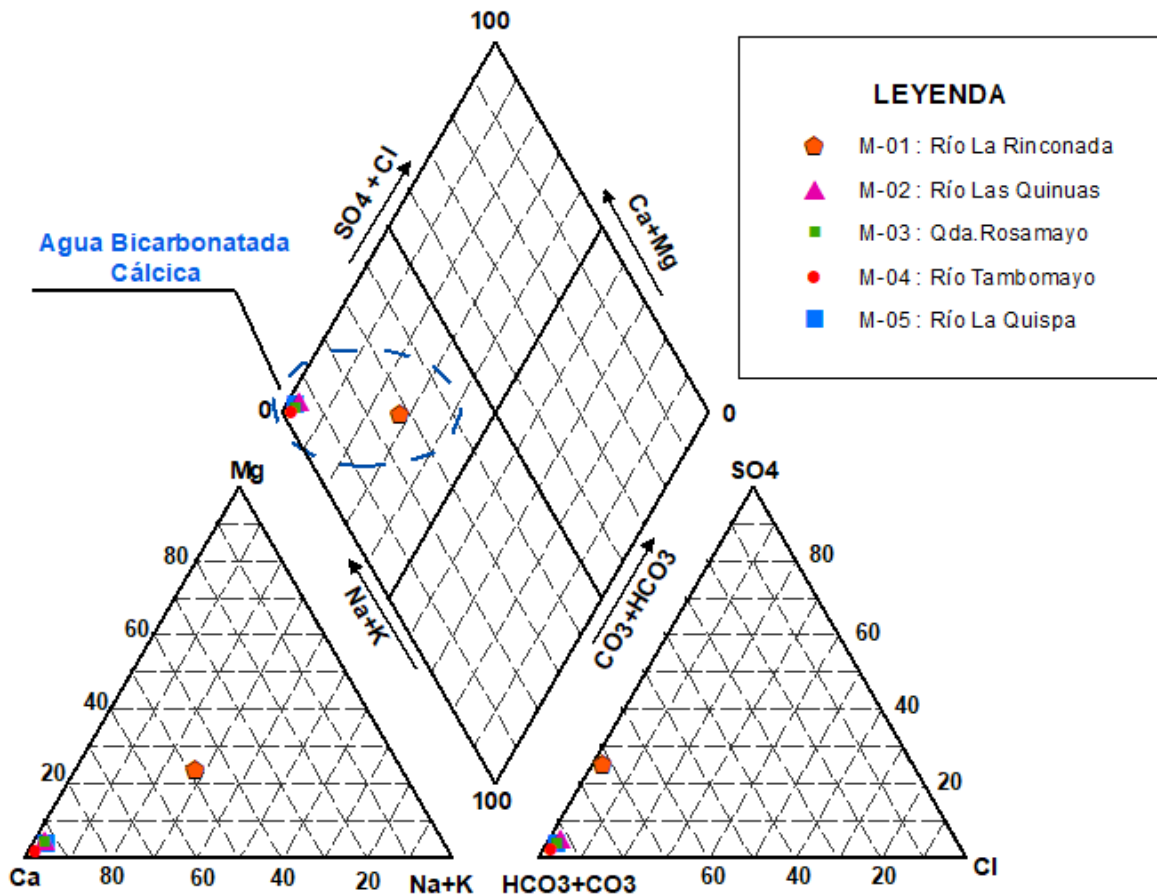


Gráfico N°35. Diagrama de Piper para la microcuenca La Quispa.

4.1.6 CALIDAD DE AGUA

Para determinar la calidad de agua de la microcuenca La Quispa se procedió al análisis de los resultados de muestras de agua de los ríos y quebrada en función con los Límites ECA establecidos según el D.S. N° 004-2017-MINAM, para lo cual se hizo uso de los límites que disponen en la Categoría 3.

CATEGORIA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES.	CATEGORIA 3 RV: Riego de Vegetales
	CATEGORIA 3 BA: Bebida de animales

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

Cuadro N°23: Muestras de agua en comparación con los ECA 3 (Riego de vegetales y bebida de animales)

NOMBRE	Cloruros	Conductividad	Fluoruros	Nitritos	pH	Sulfatos
RÍO LA RINCONADA	0.286	30.5	<0.038	<0.050	6.4	6.120
RÍO LAS QUINUAS	0.791	424.1	0.130	<0.050	6.9	1.643
QDA. ROSAMAYO	0.312	323.2	0.060	<0.050	7.2	1.276
RÍO TAMBOMAYO	0.950	334	0.089	<0.050	7.6	2.227
RÍO LA QUISPA	0.573	350.3	0.096	<0.050	7.2	1.798
Límites ECAs (mg/L) RV	500	2500	1	10	6.5-8.5	1000
Límites ECAs (mg/L) BA	**	5000	**	10	6.5-8.4	1000

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

Los valores de pH de los ríos Las Quinquas, Tambomayo, La Quispa y Qda. Rosamayo se encuentran dentro de los límites ECAs 3 (Riego de vegetales y animales) y el pH del río La Rinconada se encuentra fuera de los límites ECA 3.

Cuadro N°24: Muestras de agua en comparación con los ECA 3 – Metales

NOMBRE	Al	As	Ba	Be	B	Cd	Cu	Co
Río La Rinconada	2.549	0.006	0.018	< 0.002	< 0.021	< 0.002	<0.014	0.002
Río Las Quinquas	0.846	< 0.003	0.010	< 0.002	< 0.021	< 0.002	<0.014	< 0.002
Qda. Rosamayo	0.337	< 0.003	0.012	< 0.002	< 0.021	< 0.002	<0.014	< 0.002
Río Tambomayo	0.158	< 0.003	0.011	< 0.002	< 0.021	< 0.002	<0.014	< 0.002
Río La Quispa	0.610	< 0.003	0.011	< 0.002	< 0.021	< 0.002	<0.014	< 0.002
Límites ECAs (mg/L) RV	5	0.1	0.7	0.1	1	0.01	0.2	0.05
Límites ECAs (mg/L) BA	5	0.2	**	0.1	5	0.05	0.5	1

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

Cuadro N°25: Muestras de agua en comparación con los ECA 3 – Metales

NOMBRE	Fe	Li	Mg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
Río La Rinconada	1.273	< 0.004	0.796	0.137	0.002	<0.003	< 0.017	0.02
Río Las Quinquas	0.345	< 0.004	1.726	0.010	< 0.002	<0.003	< 0.017	<0.016
Qda. Rosamayo	0.126	< 0.004	2.484	< 0.002	< 0.002	<0.003	< 0.017	<0.016
Río Tambomayo	0.06	< 0.004	1.972	< 0.002	< 0.002	<0.003	< 0.017	<0.016
Río La Quispa	0.256	< 0.004	1.898	0.010	< 0.002	<0.003	0.030	<0.016
Límites ECAs (mg/L) RV	5	2.5	**	0.2	0.2	0.05	0.02	2
Límites ECAs (mg/L) BA	**	2.5	250	0.2	1	0.05	0.05	24

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

El valor de selenio en el río La Quispa se encuentra dentro del rango para bebida de animales sin embargo esta fuera del rango para riego de vegetales ,como se sabe el selenio es un oligoelemento esencial que está presente en la corteza terrestre, generalmente en asociación con minerales que contienen azufre y a rocas carbonatadas.

a.Antecedentes del valor de referencia de Selenio

Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 recomendaron una concentración máxima admisible de selenio de 0,05 mg/l al igual que DS.002-2008-MINAM para ECA categoría 3, basándose en sus posibles efectos perjudiciales para la salud. Las Guías de 1993 propusieron un valor de referencia basado en efectos sobre la salud de 0,01 mg/l, derivado de estudios realizados con personas.(OMS, 2003).

4.1.7 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Los aspectos hidrogeológicos están relacionados a la geología ya que la velocidad del movimiento del agua depende de la composición litológica,estructuras geológicas de las Formaciones para que el agua pueda transitar, sin embargo otro de los factores que influyen en la alimentación directa de los acuíferos son los fenómenos atmosféricos.

La secuencia estratigráfica que se epresenta en la microcuenca del Río La Quispa comprende rocas sedimentarias, rocas volcánicas y depósitos cuaternarios con rangos cronológicos comprendidos entre Mesozoico (Cretáceo Inferior – Superior) y el Cenozoico (Neógeno - Cuaternario). En la microcuenca del río La Quispa se puede diferenciar dos clases de materiales hidrogeológicos acuíferos y acuitardos, los títulos correspondientes han sido los propuestos por Ingemmet, Boletín serie H.

4.1.7.1 Acuíferos

Según su litología, extensión :

Acuíferos fisurados

Acuífero poroso no consolidado

Acuífero fisurado Sedimentario

Acuífero fisurado sedimentario Farrat

Ubicado al sur del la microcuenca, a la altura del cerro Huairacongá influenciada por un pliegue anticlinal y hacia el norte de la microcuenca, su litología comprende

areniscas cuarzosas de grano medio a grueso con presencia de fracturas, estos niveles de areniscas son muy porosos y permeables los que permiten una clasificación como acuífero fisurado sedimentario.

Acuífero fisurado sedimentario Cajamarca

Este afloramiento fue observado al sur este de la microcuenca (altura de la naciente del Río Las Quinuas), se caracteriza por la presencia de una topografía Kárstica, debido a que existen evidencias de karstificación; por lo tanto, en espacios con mayor superficie de exposición los acuíferos de la Formación Cajamarca corresponden a acuíferos kársticos.



Foto N° 35: Afloramiento de calizas del acuífero Cajamarca. Nótese evidencias de karstificación. Caserío de San Martín

Acuífero fisurado sedimentario Chimú

Su litología lo componen areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas. Aflora en pequeña extensión en la parte sur de la micocuenca a la altura del Río la Rinconada en observa influenciada por un pliegue anticlinal y presencia de fracturas en las areniscas las cuales se comportan como estructuras hidrogeológicas con capacidad de almacenar y transmitir aguas subterráneas.

Acuífero poroso no consolidado

En la microcuenca La Quispa estos depósitos se ubican en la naciente del Río La Quispa, estos depósitos cuaternarios se caracterizan por las formaciones detríticas, no consolidadas, porosas y permeables. En los depósitos fluviales y aluviales, la litología predominante son las arenas y gravas (de redondeadas a sub-redondeadas y de angulosas a subangulosas), las mismas que tienen propiedades permeables y facilitan la libre circulación y almacenamiento de las aguas subterráneas en su interior. Los depósitos lagunares constituidos por material fino areno-arcilloso, a los que se intercalan lentes de gravas y delgados conglomerados, el afloramiento de depósitos glaciares se ubica al sur este de la microcuenca presentan matriz areno-arcillosa y material anguloso proveniente de rocas de otras Formaciones y está influenciada por un sinclinal volcado.



Foto N°36: Depósito aluvial con presencia de gravas, bloques angulosos a redondeados dentro de una matriz de arena-limo-arcilla.

4.1.7.2 Acuitardo

Según su litología, extensión :

Acuitardo sedimentario

Acuitardo Volcánico

Acuitardos sedimentarios

Acuitardo Yumagual

Se observa el sector predominante en la parte baja al sureste de la microcuenca, en la parte central a la altura del caserío Aguas Blanca, en la parte alta al noreste de la microcuenca (alturas de la naciente del río Tambomayo), este sector está

constituido por calizas margosas con presencia de vetillas de calcita, y escasos niveles de lutitas que corresponden a la Formación Yumagual. La presencia de margas y en algunos sectores lutitas, condicionan la baja permeabilidad que presenta esta unidad con capacidad de drenaje media a baja.



Foto N°37: Afloramiento de calizas margosas intercaladas con lutitas del acuitardo Yumagual.

Acuitardo Pariatambo

Aflora en pequeñas extensiones en la parte baja al suroeste de la microcuenca, y a la altura del Cerro San Francisco, su litología la componen calizas bituminosas intercaladas con lutitas grises de estratificación delgada, los horizontes de calizas y lutitas se encuentran muy fracturadas, sin embargo, su permeabilidad es muy baja. Sobre este material no existe presencia de aguas subterráneas por lo que se clasifica como acuitardo.



Foto N°38: Afloramiento de estratos de calizas y lutitas del acuífero Pariatambo, los estratos se encuentran muy fracturadas, Caserío Tambomayo.

Acuitardo Chulec

En la microcuenca, los afloramientos de la Formación Chulec se observan en la parte alta (altura de la naciente del río Tambomayo), en la parte baja al suroeste entre la quebrada Rosamayo y el río Tambomayo y al sureste a la altura del cerro Shuito, está constituido por calizas, lutitas y margas semicompactas a compactas, con características impermeables.

Acuitardo Inca

Aflora en pequeñas extensiones al norte y sur de la microcuenca, está conformado por la intercalación de areniscas de grano fino y lutitas, con características compactas y cementadas siendo una formación de baja permeabilidad.

Acuitardo Gpo. Quilquiñan y Fm. Mujarrun

Unidad que presenta una secuencia de calizas nodulares, intercaladas con lutitas, margas. Afloramiento de pequeña extensión ubicada al este de la parte media de la microcuenca (altura de la naciente del Río Las Quinuas). Influenciada por el sinclinal volcado sin embargo es una formación de baja permeabilidad.

Acuitardo Carhuaz

Este acuitardo está conformado por una secuencia de areniscas intercaladas con lutitas grises, afloran en el sur de la microcuenca influenciada por un anticlinal como dominio estructural. Esta intercalación con materiales impermeables le confiere la clasificación de acuitardo.

Acuitardo Santa

Su litología lo componen calizas intercaladas con lutitas se ubica en la naciente del río La Rinconada afectada por la presencia del anticlinal. La permeabilidad es variable pues existen zonas donde la presencia de numerosas fracturas y diaclasas hacen que presente permeabilidad media.

Acuitardo Volcánico

Formación Huambos

Ubicado al suroeste del río La Rinconada, afloramiento de poca extensión, su litología comprende de traquiandesitas de composición intermedia con presencia de plagioclasas en una matriz afanítica de color gris claro, estos materiales tienen la capacidad de almacenar aguas subterráneas pero la transmiten muy lentamente, por este motivo se clasifica como acuitardo de escasa productividad.

La representación de los colores del mapa hidrogeológico (Mapa N°09) , se basan en la guía planteada por la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, escrita por Struckmeier y Margat (1995), y que actualmente es utilizada por la mayoría de países en el mundo.

Tabla N° 4: Estandarización de colores para tipos de acuíferos (Struckmeier y Margat, 1995)

COLOR	DESCRIPCION
Azul	Acuíferos porosos no consolidados
Verde	Acuíferos fisurados (areniscas, cuarcitas y calcita)
Morado	Acuíferos fisurados en rocas volcánicas o ígneas
Azul oscuro	Acuíferos Kársticos
Marrón	Acuitardos o unidades poco a nada permeables

Cuadro N°26: Caracterización hidrogeológica de la Microcuenca La Quispa.

Nº	FORMACIÓN GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Control Estructural	Porosidad (%)	CLASIFICACIÓN HIDROGEOLÓGICA
1	Formación Huambos	Rocas de composición traquiandesítica, materiales con alto fracturamiento, pequeña extensión.	Muy Fracturado	1-10 (*)	Acuitardo volcánico
2	Formación Chimú	Areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas	Plegamiento (Anticlinal) Fracturas	5 – 35 (*)	Acuífero fisurado sedimentario
3	Formación Santa	Lutitas y calizas margosas	Plegamiento (Anticlinal) Fracturas	0,1 – 25 (*)	Acuitardo sedimentario
4	Formación Carhuaz	Areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas grises	Plegamiento (Anticlinal) Fracturas	5 – 35 (*)	Acuitardo sedimentario
5	Formación Farrat	Areniscas cuarzosas de grano medio a grueso	Plegamiento (Anticlinal) Fracturas	5 – 35 (*)	Acuífero fisurado sedimentario
6	Formación Inca	Areniscas de grano fino y lutitas.	Falla inversa Fracturas	5 – 35 (*)	Acuitardo sedimentario
7	Formación Chulec	Calizas, lutitas y margas.	Falla inversa Fracturas	5 -25 (*)	Acuitardo sedimentario
8	Formación Pariatambo	Calizas bituminosas intercaladas con lutitas grises	Falla Inversa Fracturas Plegamiento	5 -25 (*)	Acuitardo sedimentario
9	Formación Yumagual	Calizas margosas intercaladas con lutitas	Plegamientos Falla Inversa	5 -25 (*)	Acuitardo sedimentario

(*) Valores propuestos por (Sanders, 1998)

Nº	FORMACIÓN GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Control Estructural	Porosidad (%)	CLASIFICACIÓN HIDROGEOLÓGICA
10	Gpo. Quilquiñam y Fm. Mujarrum	Secuencia de calizas nodulares intercaladas con lutitas y margas	Sinclinal volcado	5 -25 (*)	Acuitardo sedimentario
11	Formación Cajamarca	Secuencia de estratos gruesos de calizas gris oscuras y fracturadas con Karstificación.	Sinclinal Volcado	5 -25 (*)	Acuífero Fisurado sedimentario
12	Depósitos fluviales	Bloques, cantos y gravas subredondeados a redondeados, en matriz de arena y limos	-	20-50 (*)	Acuífero poroso no consolidado
13	Depósitos aluviales	Predominan gravas, cantos y bloques que van desde los angulosos a redondeados dentro de una matriz de arena-limo-arcilla	-	35-50 (*)	Acuífero poroso no consolidado
14	Depósitos Lagunares	Material fino areno-arcilloso, a los que se intercalan lentes de gravas y delgados conglomerados	-	20-50 (*)	Acuífero poroso no consolidado
15	Depósitos Glaciares	presentan matriz areno-arcillosa y material anguloso de rocas de otras formaciones.	Sinclinal Volcado	20-50 (*)	Acuífero poroso no consolidado

(*) Valores propuestos por (Sanders, 1998)

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

La secuencia estratigráfica que presenta la Microcuenca La Quispa esta influenciada por afloramientos de rocas sedimentarias y rocas de composición volcánica, con rangos cronológicos comprendidos entre Mesozoico y el Cenozoico, donde las unidades hidrogeológicas que predominan son acuitardos sedimentarios, volcánicos y acuíferos fisurados sedimentarios y porosos no consolidados, se presentan rasgos estructurales de pliegues y una falla inversa, en cuanto a la geomorfología las distribuciones de áreas escarpadas o muy escarpadas son muy escasas en la microcuenca. Así mismo los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua indican buena calidad para su aprovechamiento en animales y vegetales.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La secuencia estratigráfica que presenta la microcuenca La Quispa comprende rocas sedimentarias y rocas de composición volcánica, con rangos cronológicos comprendidos entre Mesozoico y el Cenozoico.

Las unidades hidrogeológicas que predominan son acuitardos sedimentarios, volcánicos y acuíferos fisurados sedimentarios y porosos no consolidados.

De acuerdo al Diagrama de Piper y al porcentaje de iones la facie hidroquímica de las 5 muestras que conforman la microcuenca es bicarbonatada cálcica.

La muestra M-01 del río La Rinconada presenta mayor concentración del ión sulfato (6.12 mg/L) en comparación a las demás muestras, esto debido a que el río discurre por rocas de composición volcánica y sedimentarias y dicho ión procede de la oxidación de sulfuros de las rocas.

Los valores de pH de los ríos Las Quinuas, Tambomayo, La Quispa y Qda. Rosamayo se encuentran dentro de los límites ECAs 3 (Riego de vegetales y animales) a excepción del río La Rinconada.

Los resultados de los análisis de metales pesados se encuentran dentro de los límites ECA 3 para los ríos La Rinconada, Tambomayo, Las Quinuas y Qda. Rosamayo, sin embargo para el río La Quispa el valor del selenio está fuera de los límites propuestos.

Se ubicaron los ríos y quebrada los cuales fueron registrados con una determinada codificación y coordenadas para la elaboración de los planos correspondientes.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda un estudio geofísico para determinar la profundidad del basamento hidrogeológico y las características de las estructuras geológicas y así determinar la disponibilidad de agua que los acuíferos poseen para un uso posterior.

Que las entidades públicas monitoreen los parámetros fisicoquímicos de los ríos de manera anual para realizar las comparaciones correspondientes para su aprovechamiento.

Se recomienda el análisis incrementando el número de muestras para encontrar los resultados promedio de selenio y determinar si la cantidad de este elemento sigue fuera de los valores propuestos en los estándares de calidad ambiental del MINAM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA (Autoridad Nacional del Agua).2016. Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Lima, Perú. 92p.
- Beita, W.2008. Caracterización fisicoquímica de las aguas superficiales de la cuenca del río Rincón en la Península Osa, Puntarenas, Costa Rica. Costa Rica.95p.
- Custodio, E.1983.Sección 10. Hidrogeoquímica. Barcelona.47p.
- Cardona, A.2015.Caracterización hidrogeoquímica el acuífero Jerez, estado de Zacatecas, México.México.21p.
- Dávila Burga, J. 2011.Diccionario Geológico. Lima, Perú, INGEMMET, s.e.900p.
- Faustino, J; Jiménez, F. 2000.Manejo de cuencas Hidrográficas. Turrialba, Costa Rica.s.n.t.40p.
- Fluquer Peña, L. 2015.Hidrogeología de la cuenca de los ríos Jequetepeque (137774) y Chamán (137752) Regiones Cajamarca, La Libertad y Lambayeque. Lima, Perú, INGEMMET. Boletín, Serie H: Hidrogeología N°04.125p.
- Franquet, J.M. 2005.Cálculo Hidráulico de las conducciones libres y forzadas. España.512p.
- Gonzales de Vallejo, L. 2004.Ingeniería Geológica. Pearson Educacion.744p.
- Hernández, A. 1998. Características Fisicoquímicas y biológicas en acuíferos del Valle de Toluca.México.87p.
- López Geta J.; Martín Machuca M.; Mediavilla Laso C; Cosano Prieto, A. 2011. Guías Didácticas de los acuíferos del Parque Natural Sierra Norte de Sevilla. Volumen II, Madrid, Instituto Geológico y Minero de España. Diputación de Sevilla.87p.
- Martínez, L.2014.Hidrogeología e hidrogeoquímica de manantiales en las zonas de Torreperogil y Sabiote (Provincia de Jaén). Andalucía, España.39p.

- OMS (Organización Mundial de la Salud).2006. Guías para la calidad de agua potable. Ginebra. Suiza.311p.
- Pérez, J.A. s.f. Tratamiento de aguas.s.n.t.35p.
- Quintana, C.2016. Diagnóstico de Calidad de las Aguas subterráneas de la región Lib.Bernardo O'Higgins.Chile.51p.
- Reyes, L. 1980.Geología de los Cuadrángulos Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Lima, Perú, INGEMMET. Boletín N°31. 83p.
- San Román Sánchez, J.F. 2012. Diagramas de Piper. Salamanca, España. s.n.t.9p.
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). 2018. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos, París, Francia.s.n.t.168p.