

Universidad nacional de Cajamarca

Facultad De Ingeniería

Escuela Profesional De Ingeniería Geológica



TESIS

**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA QUEBRADA RUCRE EN
EL DISTRITO DE JESÚS Y NAMORA - CAJAMARCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO GEÓLOGO**

Autor:

Bach. Villacorta Solano, Edwin Frank

Asesor:

Dr. Ing. Quispe Mamani, Crispín Zenón

Cajamarca, 2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** Edwin Frank Villacorta Solano
DNI: 72360469
Escuela Profesional: Ingeniería Geológica
- Asesor:** Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani
Facultad: Ingeniería
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA QUEBRADA RUCRE
EN EL DISTRITO DE JESÚS Y NAMORA - CAJAMARCA
- Fecha de evaluación:** 24 de febrero del 2024
- Software antiplagio:** **TURNITIN** **URKUND (OURIGINAL) (*)**
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 5% (cinco por ciento)
- Código Documento:** oid: 3117:334851543
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO **PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO**

Fecha Emisión: 27 de febrero del 2024

	Documento firmado digitalmente
FIRMA DEL ASESOR Dr. Quispe Mamani Crispín Zenón	Dra. Yvonne Katherine Fernández León Directora Unidad de Investigación Facultad de Ingeniería
DNI: 28243825	Cc. Archivo c04024ev.
	
	Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258801 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 27/02/2024 12:27:28-0500

Agradecimiento

Agradezco sinceramente a Cesar Augusto Bardales Valencia por las valiosas enseñanzas que me brindó durante mi infancia. A mi madre Ana Noemí Solano Mego cuya valentía me saco adelante. Mi profundo reconocimiento también va hacia mi Padre, quien me inculcó la invaluable lección de que rendirse, no es una opción. A mis queridos tíos, cuyo constante apoyo y motivación han sido un motor para mi constante mejora día a día. Además, de extender mi agradecimiento a mi asesor Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani por el apoyo brindado en la realización de esta investigación y Sandra Valeria Soto Carrera, quien ha demostrado una dedicación excepcional al cuidado de nuestra amada hija Morgana.

RESUMEN

La presente investigación realizada, detalla las características hidrogeológicas de la Microcuenca Rucre que abarca la laguna San Nicolás ubicada entre los distritos de Jesús y Namora, y está geológicamente conformada por la Formación Farrat, Formación Inca y Formación Chulec, identificadas con ortofotos, modelos digitales de elevación y salidas de campo, además de depósitos cuaternarios de origen lacustre y coluvial. Hidrogeológicamente posee tres acuíferos donde se llevaron a cabo ensayos de Lefranc para calcular la conductividad hidráulica o permeabilidad. Se identificó un acuitardo sedimentario compuesto por rocas calcares con una conductividad hidráulica de 7×10^{-5} , un acuífero fisurado sedimentario cuya conductividad hidráulica es 25×10^{-5} compuesto de rocas porosas (areniscas) y un acuífero poroso no consolidado, conformado por los depósitos cuaternarios con conductividad hidráulica de 1.1×10^{-2} , en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se usó un multiparametro de la marca Thermorion obteniendo que la conductividad en la laguna llega a los $565 \mu\text{S/cm}$, debido a la actividad humana alrededor y una variación del pH de 7.89, en la parte alta de la microcuenca, a un pH ligeramente básico de 8.82, en la desembocadura de la microcuenca. La presencia de geoestructuras, fallas, normales, inversas y de rumbo, controlan la dirección subterránea, con una orientación predominante de azimut de 0 a 48° , intersecadas casi perpendicularmente por una falla inversa que va de noroeste a sureste, que pasa por toda la microcuenca, están plasmadas en una red topológica, evidenciando la interconectividad de la misma, en este contexto, el agua superficial y subterránea de la parte alta de la microcuenca, discurren en dirección a la laguna San Nicolás, y luego a través de la falla inversa se infiltran a los acuíferos hacia la naciente de la quebrada Rucre para finalmente desembocar en el río Cajamarquino.

Palabras clave: Acuífero, conductividad hidráulica, parámetros fisicoquímicos, topología

ABSTRACT

The present investigation details the hydrogeological characteristics of the Rucre micro-basin that includes the San Nicolás lagoon located between the districts of Jesús and Namora, and is geologically formed by the Farrat Formation, Inca Formation and Chulec Formation, identified with orthophotos, digital elevation models and field trips, in addition to Quaternary deposits of lacustrine and colluvial origin. Hydrogeologically it has three aquifers where Lefranc tests were carried out to calculate the hydraulic conductivity or permeability. A sedimentary aquitard composed of calcareous rocks with a hydraulic conductivity of 7×10^{-5} , a sedimentary fissured aquifer with a hydraulic conductivity of 25×10^{-5} composed of porous rocks (sandstones) and an unconsolidated porous aquifer, formed by the quaternary deposits 1.1×10^{-2} , in terms of measurement of physicochemical parameters using a Thermorion multiparameter it was observed that the conductivity in the lagoon reaches $565 \mu\text{S}/\text{cm}$, due to human activity around and a pH variation of 7.89, in the upper part of the micro-basin, to a slightly basic pH of 8.82, at the mouth of the micro-basin. The presence of geostructures, normal, reverse and strike-slip faults, with a predominant azimuth orientation from 0 to 48° , intersected almost perpendicularly by a reverse fault running from northwest to southeast, which passes through the entire microbasin to the southwest of the microbasin, are embodied in a topological network, In this context, surface water and groundwater from the upper part of the microbasin flow towards the San Nicolás lagoon, and then through the reverse fault flow through the aquifers towards the Rucre stream to finally flow into the Cajamarquino River.

Key words: aquifer, hydraulic conductivity, physicochemical parameters, topology.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES	3
2.2. BASES TEÓRICAS	4
2.2.1. Ciclo hidrológico	4
2.2.2. Balance hídrico	4
2.2.2.1. Precipitación	5
2.2.2.2. Cálculo de precipitación	5
2.2.2.2.1. Polígono de Thiessen	5
2.2.2.2.2. Método de las isoyetas	7
2.2.2.3. Evapotranspiración	7
2.2.2.3.1. Evapotranspiración Real	7
2.2.2.3.2. Evapotranspiración Potencial	7
2.2.2.4. Data PISCO	8
2.2.3. Agua subterránea	10
2.2.4. Acuíferos	10
2.2.4.1. Tipos de acuífero	10
2.2.4.2. Parámetros físicos que definen a una roca como acuífero	11
2.2.4.2.1. Porosidad	11
2.2.4.2.2. Permeabilidad	13
2.2.4.3. Parámetros fisicoquímicos	16
2.2.4.4. Controles geológicos del comportamiento hidrogeológico	18
2.2.5. Unidades Hidrogeológicas	19
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	19

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	21
3.1.1. Ubicación geográfica	21
3.1.2. Ubicación política.....	21
3.1.3. Accesibilidad	23
3.1.4. Clima	24
3.1.5. Vegetación	28
3.2. PROCEDIMIENTO	29
3.2.1. Metodología	29
3.2.2. Definición de variables	30
3.2.3. Técnicas Recolección de datos	32
3.2.4. Geomorfología.....	34
3.2.4.1. Unidades morfométricas	34
3.2.4.2. Parámetros geomorfológicos.....	35
3.2.5. Hidrografía	37
3.2.6. Geología Local.....	38
3.2.7. Geología estructural	40
3.3. HIDROGEOLOGÍA	43
3.3.1. Parámetros Físicos de las rocas de los acuíferos	44
3.3.1.1. Ensayo de Lefranc 01	45
3.3.1.2. Ensayo de Lefranc 02	47
3.3.1.3. Ensayo de Lefranc 03	49
3.3.2. Parámetros Fisicoquímicos De Fuentes De Aguas	51
3.3.2.1. Estación de Muestreo 01	53
3.3.2.2. Estación de Muestreo 02	55
3.3.2.3. Estación de Muestreo 03	57
3.3.2.4. Estación de Muestreo 04	59
3.3.2.5. Estación de Muestreo 05	61
3.3.2.6. Estación de Muestreo 06	63
3.3.2.7. Estación de Muestreo 07	65
3.3.2.8. Estación de Muestreo 08	67
3.3.2.9. Estación de Muestreo 09	69

	Pág.
3.3.2.10. Estación de Muestreo 10	71
3.3.2.11. Estación de Muestreo 11	73
3.3.2.12. Estación de Muestreo 12	75
3.3.3. Control Geoestructural	77
3.3.4. Tipo de acuífero.....	79
3.3.4.1. Acuitardo Sedimentario.....	79
3.3.4.2. Acuífero Fisurado Sedimentario.....	79
3.3.4.3. Acuífero Poroso No Consolidado.....	80
CAPÍTULO IV	
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	81
4.1. PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS	81
4.2. PARÁMETROS FÍSICOS DE LAS ROCAS	82
4.3. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE FUENTES DE AGUAS	83
4.4. PARÁMETRO GEOESTRUCTURALES.....	88
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
5.1. CONCLUSIONES	89
5.2. RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Rangos de porosidades	13
Tabla 2 Permeabilidades recopiladas, unidades en mm/m^3	14
Tabla 3 Vértices del área que contiene a la microcuenca Rucre	21
Tabla 4 Distribución distrital de la microcuenca Rucre.....	22
Tabla 5 Rutas de acceso a la microcuenca Rucre	23
Tabla 6 Precipitación acumulada mensual de los años 2006 - 2016	24
Tabla 7 Obtención de la precipitación mediante el método de las isoyetas	27
Tabla 8 Descripción de la cobertura vegetal, recortada al área de estudio.....	28
Tabla 9 Definición de variables	31
Tabla 10 Clasificación de las unidades morfológicas.....	34
Tabla 11 Calculo de la altitud media	36
Tabla 12 Tipos de los acuíferos de la Microcuenca Rucre.....	80
Tabla 13 Parámetros de conductividad hidráulica de las rocas	82
Tabla 14 Parámetros fisicoquímicos de la Microcuenca Rucre.....	83
Tabla 15 Comprobación de datos	86
Tabla 16 Precipitación Mensual Estación Augusto Weberbauer.....	94
Tabla 17 Precipitación Mensual Estación La Encañada	95
Tabla 18 Precipitación Mensual Estación Namora.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Ciclo hidrológico,.....	4
Figura 2 Metodología para crear los polígonos de Thiessen	6
Figura 3 Referencia de la Data PISCO	9
Figura 4 Tipos de acuífero	11
Figura 5 Porosidad primaria y porosidad secundaria	12
Figura 6 Ensayo de permeabilidad.....	15
Figura 7 Influencia de la geología	18
Figura 8 Ubicación de la provincial de la Microcuenca	22
Figura 9 Ubicación Distrital de la Unidad Hidrográfica	22
Figura 10 Ubicación política de la microcuenca Rucre	23
Figura 11 Histograma del promedio de las precipitaciones mensuales	25
Figura 12 cálculo de la precipitación mediante el método de isoyetas.....	26
Figura 13 Ficha de campo para realizar ensayos de infiltración	32
Figura 14 Fichas de campo para inventariar las fuentes de agua.....	33
Figura 15 cálculo de la curva hipsométrica para determinar la altitud media ...	36
Figura 16 Orden de Ríos de la Microcuenca Rucre según Horton-Strahler	37
Figura 17 Afloramiento de areniscas y limolitas de la Fm. Farrat.....	38
Figura 18 Afloramiento de limolitas.	39
Figura 19 Afloramiento de la Fm. Chulec	40
Figura 20. Falla Normal	41
Figura 21 Fallas y pliegues identificados dentro de la Unidad hidrográfica.....	42
Figura 22 Procedimiento del ensayo de infiltración 01	45
Figura 23 Ficha de campo para infiltración 01	46
Figura 24 Procedimiento del ensayo de infiltración 02.....	47
Figura 25 Ficha de campo para infiltración 02	48
Figura 26 Procedimiento del ensayo de infiltración 03.....	49
Figura 27 Ficha de campo para infiltración 03	50
Figura 28 Medición de Turbidez en el primer punto de muestreo	51
Figura 29 Medición del pH y otros parámetros fisicoquímicos In Situ	52
Figura 30 Ficha de campo 01 para inventario de fuente de agua	54
Figura 31 Ficha de campo 02 para inventario de fuente de agua	56
Figura 32 Ficha de campo 03 para inventario de fuente de agua	58

	Pág.
Figura 33 Ficha de campo 04 para inventario de fuente de agua	60
Figura 34 Ficha de campo 05 para inventario de fuente de agua	62
Figura 35 Ficha de campo 06 para inventario de fuente de agua	64
Figura 36 Ficha de campo 07 para inventario de fuente de agua	66
Figura 37 Ficha de campo 08 para inventario de fuente de agua	68
Figura 38 Ficha de campo 09 para inventario de fuente de agua	70
Figura 39 Ficha de campo 10 para inventario de fuente de agua	72
Figura 40 Ficha de campo 11 para inventario de fuente de agua	74
Figura 41 Ficha de campo 12 para inventario de fuente de agua	76
Figura 42 Diagrama de Roseta en función de la dirección de las fallas.....	77
Figura 43 Histograma elaborado en función de las fallas	78
Figura 44 Curva hipsométrica para determinar la altitud media	81
Figura 45 Soluciones Buffer para la calibración del multiparametro	84
Figura 46 Calibración con la solución buffer de pH 7	85
Figura 47 Registro de calibración del multiparámetro	85
Figura 48 Obtención de la muestra de comprobación.....	86
Figura 49 Medición del pH de la muestra de comprobación	87
Figura 50 Resultado de la muestra de comprobación	87
Figura 51 Interacción y orientación de fallas	88

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La quebrada Rucre que se encuentra dentro de la microcuenca del río cajamarquino, está presente La laguna San Nicolás ubicada entre los distritos de Jesús y Namora provincia de Cajamarca y región de Cajamarca es una laguna que no tiene ríos ni quebradas como desfogue, esta se encuentra sobre las Formaciones Chúlec, Inca y Farrat es un centro turístico importante para la provincia de Cajamarca sin embargo el cambio climático y su mal manejo del recurso hídrico podría conllevar a ser no apta o secando la fuente de agua, ya que la única manera de recarga es de manera es pluvial, por ello es necesario realizar un estudio hidrogeológico para poder determinar el comportamiento de las aguas subterráneas, escorrentía, manantiales, acuíferos, parámetros fisicoquímicos y así poder tomar medidas para mantener o mejorar el recurso hídrico. Lo que nos lleva a formularnos la pregunta ¿Cuál es la caracterización hidrogeológica de la quebrada Rucre ubicada en el distrito de Jesús y Namora – Cajamarca?, teniendo como hipótesis que las características hidrogeológicas de La Quebrada Rucre presentan rocas de acuitardos o acuífugas debajo de la laguna para que no se filtre y siga la corriente, sin embargo, se considera que tiene un sistema de fallas para que las rocas que estén debajo sean más convenientes para que drene el agua como acuíferos porosos o fisurados. Entre sus características fisicoquímicas se encuentra pH tendiendo a ser aguas básicas y baja conductividad eléctrica, ya que atraviesan rocas carbonatadas como la Formación Chúlec, y en cuanto a las características físicas baja porosidad y permeabilidad, por esto surgió la idea como consecuencia de la aparente variación del área que abarca la laguna con el pasar de los años y el impacto ambiental que genera la expansión turística entonces utilizando los avances en la ciencia a favor de la exploración hidrogeológica usando diferentes herramientas como las imágenes obtenidas de satélites, procesando datos obtenidos en campo de los manantiales y de los drenajes con softwares, y

análisis de data obtenida del multiparámetro permite obtener nueva información para poder mitigar el riesgo de la pérdida del recurso hídrico. La investigación se delimitó en la quebrada Rucre, delimitado por el Divortium Aquarium de las aguas que abastecen la quebrada. Por objetivo general es caracterizar la hidrogeología de La Quebrada Rucre ubicada dentro de la cuenca media del río cajamarquino en el distrito de Jesús y Namora – Cajamarca. Y por específicos cartografiar unidades geológicas e hidrogeológicas situando manantiales y drenaje, Analizar parámetros físicos-químicos de las aguas dentro de la unidad hidrográfica y determinar el comportamiento de las aguas subterráneas.

El contenido de los capítulos se organiza de la siguiente manera: Capítulo I, se presenta la introducción que expone la pregunta principal de la investigación, junto con la hipótesis, los objetivos y la importancia general del estudio, además de proporcionar un resumen del contenido de cada capítulo. En el Capítulo II aborda la recopilación bibliográfica y los antecedentes relacionados con la investigación, también se definen los términos básicos necesarios para comprender el contexto del estudio, y la información recopilada se analiza y sintetiza para respaldar la investigación. En el Capítulo III se detallan la metodología empleada y el marco geológico del estudio, incluyendo los materiales utilizados y los métodos aplicados para alcanzar los objetivos planteados, además de describir la ubicación de la investigación y su accesibilidad, junto con otras características generales como la geología, la geomorfología y la hidrogeología. El Capítulo IV se enfoca en el análisis de los resultados obtenidos de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos, presentando las fichas de campo de los ensayos de Lefranc y los datos fisicoquímicos de los afloramientos de aguas, estos resultados se procesan para su posterior discusión. Finalmente, en el Capítulo V se lleva a cabo la discusión de los resultados procesados, contrastándolos con la hipótesis inicial, lo que conduce a las conclusiones de la investigación, y se presentan recomendaciones destinadas a futuras investigaciones en el área de estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Antecedentes Internacionales

Vázquez, Ortega, Marín, Cerrato Y Sánchez (2008) realizaron un estudio hidrogeológico en Nicaragua en la laguna Apoyo, la cual ha disminuido el nivel del agua, siendo una también una laguna endorreica esta depende del balance hídrico la cual presenta un déficit de seis hectómetros cúbicos al año, con el objetivo de evitar problemas ambientales. Concluyendo que a cambiado el balance hídrico influenciado por la actividad humana

Antecedentes Nacionales

Moreno, Pari, Fiestas, Dueñas y Condori (2021) El INGEMMET realizó el estudio hidrogeológico de las lagunas La Milagrosa, La Mellicera y La Encantada en Salinas de Chilca, provincia de Cañete región Lima, para conocer la composición química, calidad del agua subterránea y superficiales y también el comportamiento de los flujos subterráneos a través de los niveles freáticos con el apoyo de levantamiento de información geofísica, llegando a la conclusión del comportamiento subterráneo del flujo de agua y sustentado por la geofísica

Antecedentes Locales

Merino (2017) Ejecutó un estudio hidrogeológico en la microcuenca del río Chonta delimitado por el distrito de Baños del Inca, llegando así a la conclusión de que hay tres tipos de acuíferos, acuitardos, acuíferos en rocas fracturadas y acuíferos en rocas y kársticas.

Pérez (2021) Considero que se requería realizar estudios de hidrogeoquímica a escala local, tomando así la microcuenca del río Paigual, en el distrito de la Asunción, inventariando manantiales y midiendo sus parámetros in situ y

mandando muestras al laboratorio logró determinar relaciones iónicas con el pH y que existen procesos de disolución abundante en la caverna San Antonio.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Ciclo hidrológico

Es un proceso continuo en que el agua del mar se evapora hacia la atmosfera, por energía calórica que aporta principalmente el sol, luego esta precipita en forma de lluvia, granizo nieve, etc. Luego esta discurre nuevamente hacia el mar, superficial o subterráneamente, los factores que influyen al inicio del ciclo son fundamentalmente climáticos, temperatura del aire, intensidad de los vientos, humedad relativa del aire, insolación, y en cuando retorna el agua los factores cambian como, la cobertura del suelo, geología y uso humano. (Fetter, 2001)



Figura 1 Ciclo hidrológico,
Fuente de Tunza, (2010)

2.2.2. Balance hídrico

Está basado en el ciclo del agua que para efectos prácticos se toma cíclico y cerrado sin embargo hay factores que alteran el balance propuesto en los libros de hidrogeología, que mencionan que la variación del almacenamiento es igual a la precipitación menos la evaporotranspiración y la escorrentía, ahora si consideramos el cambio climático y las aguas de acuíferos fósiles, entonces un

aspecto claro para realizar el balance es el lugar y el intervalo de tiempo donde y cuando se realizara. (Martínez Alfaro, Martínez Santos, & Castaño Castaño, 2006)

varición en el almacenamiento = precipit. –evapotrasn. –escorrentía

2.2.2.1. Precipitación

Los pluviómetros son los aparatos que han sido creados para medir la precipitación las unidades en las que los mide son litro por metro cuadrado, o 1 mm de lluvia en un m². (Martínez Alfaro, Martínez Santos, & Castaño Castaño, 2006)

Los datos que obtenemos son

- Volumen total de agua precipitada
- Hora de comienzo y fin de cada aguacero
- Intensidad máxima
- Intensidad
- Curvas de intensidad-duración -frecuencia

2.2.2.2. Cálculo de precipitación

El volumen de agua precipitado en el intervalo de tiempo seleccionados se calcula en litros, multiplicando la precipitación en mm por el área de la cuenca (en metros cuadrados) y como se obtiene una cifra elevada se lo puedo expresar en Hm³ o metros cúbicos. (Martínez Alfaro, Martínez Santos, & Castaño Castaño, 2006)

2.2.2.2.1. Polígono de Thiessen

Es la media ponderada de cada estación con el área de influencia de esta, manualmente se realiza de la siguiente manera

Se realiza una triangulación de la cuenca uniendo cada estación luego se trazan las mediatrices, perpendiculares por el punto medio, de cada uno de los lados de los triángulos dibujados, estas mediatrices definen una serie de polígonos y cada uno de ellos encierra en su interior una estación pluviométrica. Se supone que la precipitación medida en esa estación define el área del polígono asociado a ella. Luego se multiplica la precipitación en cada estación por el área de su polígono asociado, obteniéndose el volumen de agua precipitado en cada polígono. La suma de todos estos volúmenes es el volumen total precipitado en la cuenca. Si se requiere dar el equivalente en mm hasta dividir el volumen total precipitado por la superficie total de la cuenca en las unidades correspondientes.

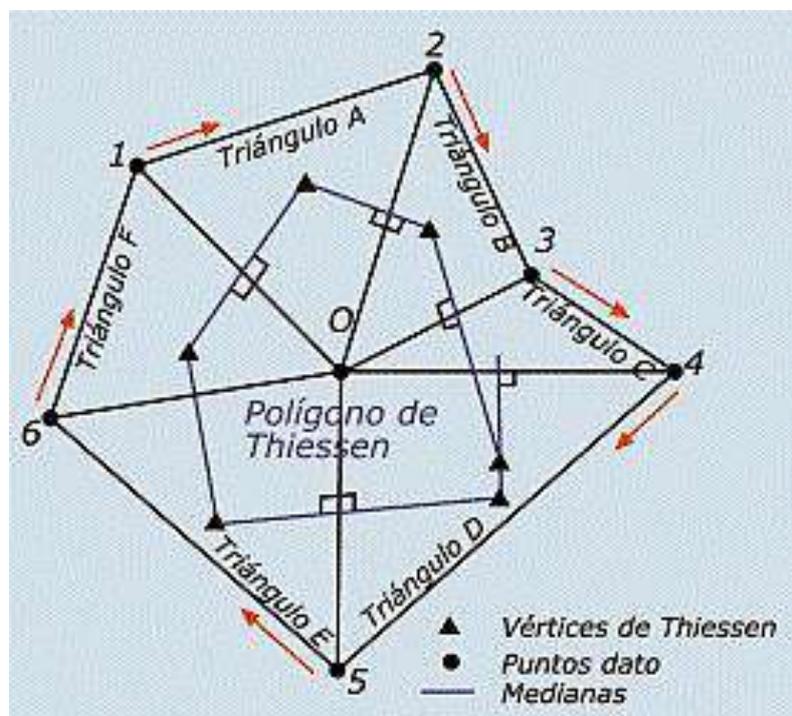


Figura 2 Metodología para crear los polígonos de Thiessen

Fuente: Martínez Alfaro, Martínez Santos, & Castaño Castaño, (2006)

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{A_t}$$

P_i = precipitación de la estación que está dentro del polígono

A_i = Área del polígono donde está la estación

A_t = Precipitación media entre dos isoyetas

2.2.2.2. Método de las isoyetas

Se define como isoyeta al conjunto de puntos consecutivos con igual precipitación, líneas distanciadas entre sí en un intervalo constante, para calcular la precipitación mediante este método la suma de la precipitación media entre dos isoyetas por el área en la que se encuentra dividido por el área total. Para la creación de las isoyetas podemos usar 2 métodos geoestadísticos el Krigging y la ponderación de la distancia inversa.

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_y A_y}{A_t}$$

P_y = precipitación media entre dos isoyetas

A_y = Área entre dos isoyetas

A_t = Precipitación media entre dos isoyetas

2.2.2.3. Evapotranspiración

Se define como evapotranspiración al volumen de agua que pasa a estado vapor desde líquido o sólido ya sea por evaporización directa o a través de las plantas o animales, se expresa en mm por un tiempo determinado. (Martínez Alfaro, Martínez Santos, & Castaño Castaño, 2006)

2.2.2.3.1. Evapotranspiración Real

Es el volumen de agua que pasa a la atmósfera en forma de vapor como consecuencia de la evaporación directa y de la transpiración de las plantas en función del volumen de agua disponible. Está condicionada por la cantidad de agua disponible en un momento determinado (precipitación y contenido de humedad en el suelo).

2.2.2.3.2. Evapotranspiración Potencial

En forma ideal es el volumen de agua que pasa a la atmósfera en forma de vapor como consecuencia de la evaporación directa y de la transpiración de las plantas. No depende de la precipitación ni de la cantidad de agua contenida en el suelo a disposición de las plantas. Para calcular la evapotranspiración potencial

Thornthwaite expresa una formula en función de la temperatura mensual y el índice de calor anual: (Martínez Alfaro, Martínez Santos, & Castaño Castaño, 2006)

$$ETP = 16c\left(\frac{10t}{I}\right)^a$$

ETP = Evapotranspiración potencial

c = $(n/12)(d^2/30)$, Constante

n = número máximo de horas de sol según la latitud

d = número de días del mes

t = temperatura media diaria °C

i = $(t/5)^{1.514}$, índice de calor mensual

I = $\sum i$, índice de calor anual

a = $675 * 10^{-9} * I^3 - 771 * 10^{-7} * I^2 - 1972 * 10^{-5} * I + 0.49239$

2.2.2.4. Data PISCO

PISCO: Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations, es la estimación de variables hidroclimáticas en el Perú, presenta una serie de datos a buena escala espacial, con variables de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, evapotranspiración y caudales. Para la construcción de la data PISCO, se compuso haciendo un "fusión" entre imágenes satelitales y las estaciones meteorológicas para estimar las características climatológicas de lugares o áreas donde no se dispone de mediciones. Los datos obtenidos de estaciones meteorológicas fueron de 945 estaciones mientras que el sensor de usado fue el MODIS y predictores estáticos espaciales (elevación y coordenadas). Luego se aplicó un cutt off para ir haciendo un control de calidad, para esto los datos tienen que tener 3 condiciones la primera una distancia de separación menor a 100 km, un rango mínimo de 10 años de información, y tercero relación de datos diarios y mensuales en una relación lineal menor a 0.5 y a 0.8 respectivamente, luego, se rellenó la información haciendo un matchin empírico. (Huerta, Aybar, & Lavado-Casimiro, 2019)

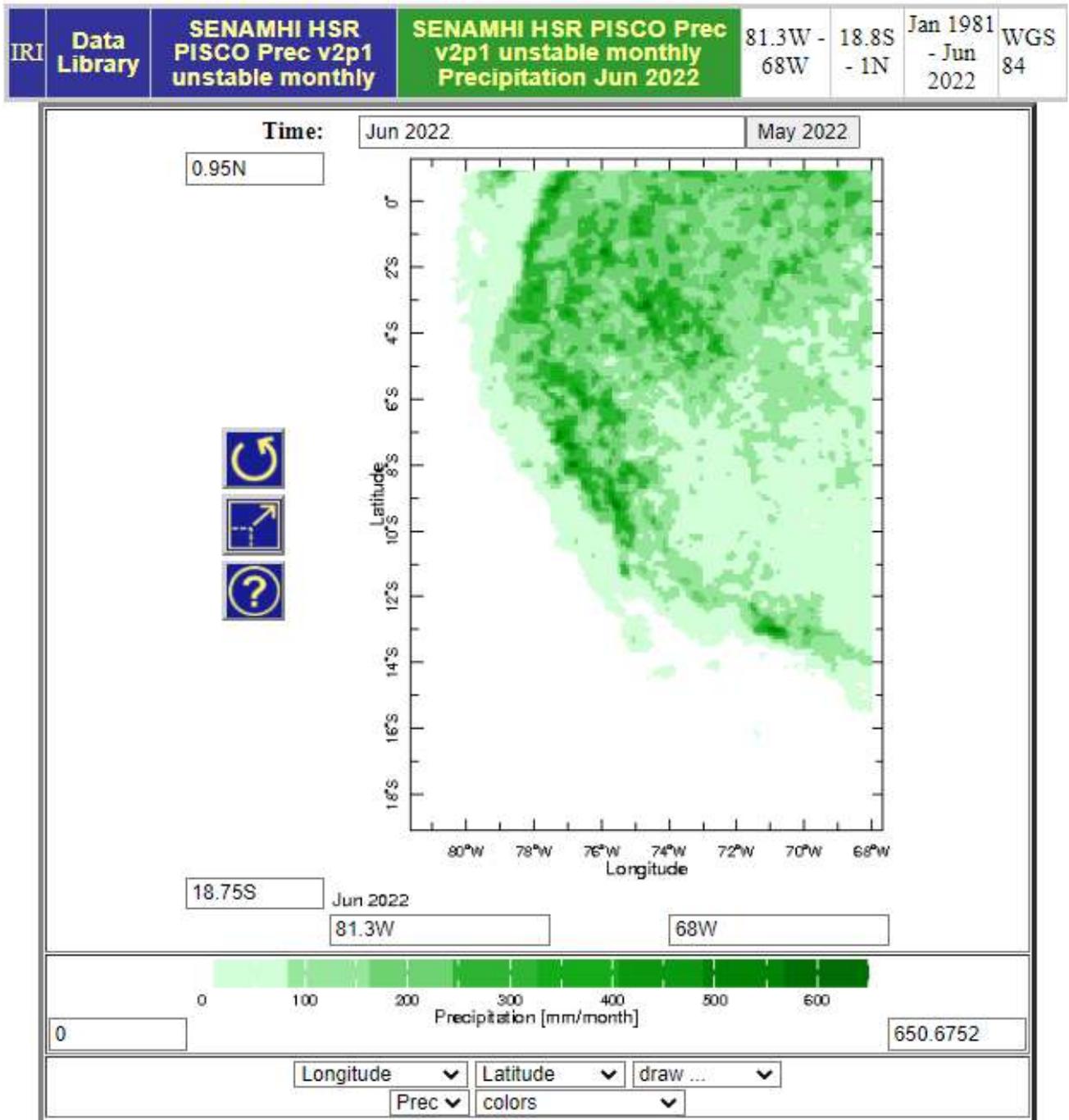


Figura 3 Referencia de la librería de IRI donde está publicada la Data PISCO Tomado del SENAMHI HSR PISCO, (2020)

2.2.3. Agua subterránea

Es toda el agua debajo de la superficie de la tierra que está participando en el ciclo hidrológico o que está almacenada de tal modo que pueda entrar nuevamente en este ciclo. (Werner, 1996). Agua subterránea es toda agua que está almacenada en rocas que desde el punto de vista hidrogeológico estas unidades pueden ser acuitardas, acuíferas acuícludas o acuífugas (Martínez Alfaro, Martínez Santos, & Castaño Castaño, 2006).

Tipos de roca en relación con el agua subterránea Tenemos a las rocas **acuífugas**, son aquellas que no admiten la entrada de agua por no poseer espacios porales, rocas **acuícludas** permiten la entrada, pero no pueden circular por que los poros son muy pequeños, rocas **acuíferas** se denomina a las que pueden ser penetradas por el agua en sus espacios porales y circulas entre ellos, rocas **acuitardas** el agua circula lentamente por los poros. (Giai, 2008).

2.2.4. Acuíferos

Es el medio rocoso en que se mueve el agua subterránea, cuya función es almacenar conducir el agua subterránea y ser medio de intercambio geoquímico (Werner, 1996).

2.2.4.1. Tipos de acuífero

Según Werner (1996) considera a tres tipos de acuíferos, **acuíferos de poros**, de **grietas y kársticos** y según Collazo y Montaña (2012) los clasifica en función de su estructura, **acuíferos libres, confinados, y semiconfinados**,

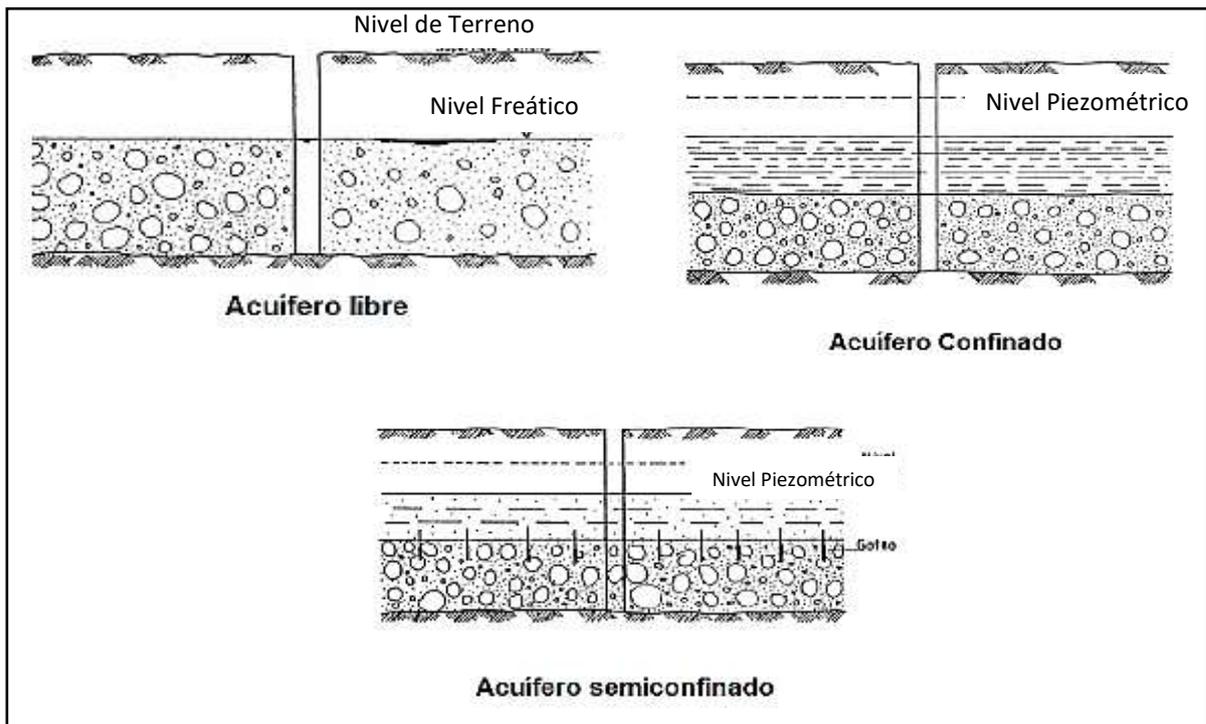


Figura 4 Tipos de acuífero

Fuente Collazo y Montaña, (2012)

2.2.4.2. Parámetros físicos que definen a una roca como acuífero

Entre ellos tenemos a la **porosidad**, que es el volumen de grietas, poros o intersticios que se rellenan de agua de un acuífero; la **permeabilidad** es la capacidad de un acuífero de conducir agua (Werner, 1996); la **transmisividad** se refiere a la cantidad de agua que puede transmitir horizontalmente por el espesor saturado, **coeficiente de almacenamiento, S**, se refiere al volumen capaz de liberar un acuífero; otras características físicas, temperatura, color, turbidez (Collazo Caraballo & Montaña Xavier, 2012).

2.2.4.2.1. Porosidad

Es el volumen de huecos con respecto al volumen total de la roca. Por consiguiente, en un medio poroso saturado, el volumen de agua es igual al agua almacenada en los poros interconectados del medio y se podrían drenar por gravedad. Se diferencian dos tipos de porosidad (Sanders, 1998)

a) Porosidad intergranular o primaria. Es característica de las rocas detríticas y de los depósitos cuaternarios

b) Porosidad por fracturas. Este tipo de porosidad suele ser característica de las rocas sedimentarias químicas, volcánicas e intrusivas, que presentan una red de fracturas de mayor o menor intensidad y densidad, como consecuencia de una serie de procesos tectónicos pasados. Cuando la densidad de la red de fracturas es muy elevada y homogénea en todo el volumen de roca (medio continuo), el comportamiento hidrogeológico puede ser similar a la roca con porosidad intergranular. Excepcionalmente, podemos encontrar rocas karstificadas en calizas que tienen porosidad por volumen de vacíos.

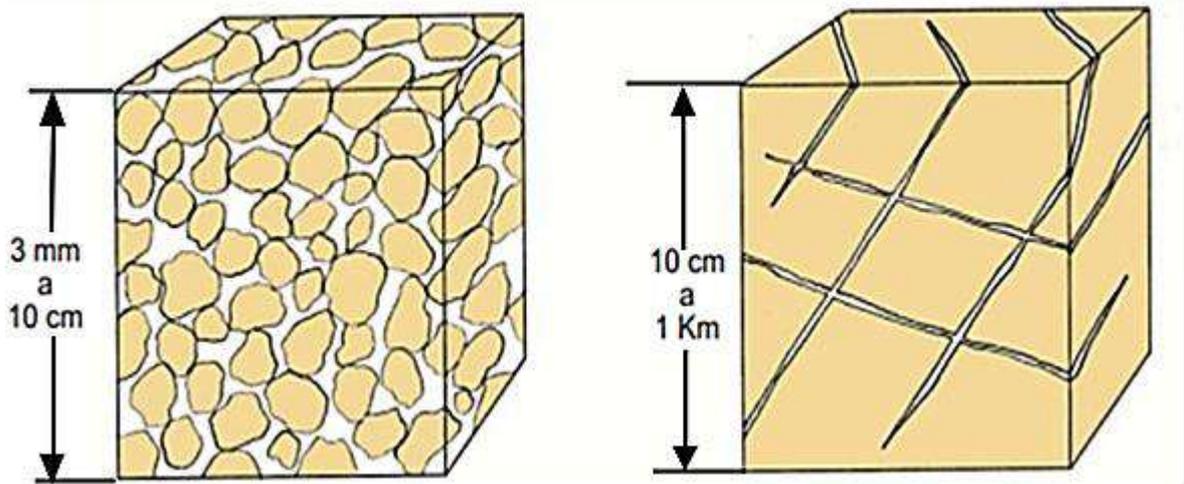


Figura 5 Porosidad primaria y porosidad secundaria
Tomado de Martínez y Castaño, (2006)

Tabla 1 Rangos de porosidades

Tipo de roca	Porosidad total (%)	Porosidad eficaz (%)
Arcillas	40 a 60	0 a 5
Limos	35 a 50	3 a 19
Arenas finas, arenas limosas	20 a 50	10 a 28
Arena gruesa o bien clasificada	21 a 50	22 a 35
Grava	25 a 40	13 a 26
Shale intacta 1 a 10	0.5 a 5	1 a 10
Shale fracturada/alterada	30 a 50	0.5 a 5
Arenisca	5 a 35	0.5 a 10
Calizas, dolomías No karstificadas	0.1 a 25	0.1 a 5
Calizas, dolomías karstificadas	5 a 50	5 a 40
Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar	0.01 a 1	0.000
Rocas ígneas y metamórficas fracturadas	1 a 10	0.00005 a 0.01

Fuente: Tomado de Sanders, (1998)

2.2.4.2.2. Permeabilidad

Representa el movimiento de aguas a través de la roca, ya sea por medios intersticios que se presentan en medios porosos (permeabilidad propia o primaria), común en rocas detríticas o rocas porosas no consolidadas; o por medios fracturados (permeabilidad adquirida o secundaria) como fracturas, fallas, diaclasas y excepcionalmente por alteración superficial propia de las. (Smith & Weathcraft, 1993)

Tabla 2 Permeabilidades recopiladas, unidades en mm/m^3

		Doménico & Schwartz	Smith & Weathcraft
Sedimentos	Grava	25 - 2500	100 - 10^5
	Arena gruesa	0.1 - 500	
	Arena media	0.1 - 50	0.01 - 1000
	Arena fina	0.02 - 20	
	Silt, loess	10^{-4} - 2	10^{-4} - 1
	Arcilla	10^{-6} - $4 * 10^{-4}$	10^{-7} - 10^{-3}
Rocas sedimentarias	Calizas karstificadas	0.1 - 2000	0.1 - 1000
	Calizas dolomías	10^{-4} - 0.5	10^{-4} - 1
	Areniscas	$3 * 10^{-5}$ - 0.5	10^{-5} - 1
	Argilitas (siltstone)	10^{-6} - 0.001	-
	Shale intactas	10^{-8} - $2 * 10^{-4}$	10^{-8} - 10^{-4}
	Pizarras fracturadas/alteradas	-	10^{-4} - 1

Fuente: Tomado de Doménico & Schwartz, (1998) y de Smith & Weathcraft, (1993)

Métodos para medir la permeabilidad:

Ensayos de Lefranc consiste en provocar la infiltración del agua bajo una carga determinada, mediante un tubo de diámetro uniforme (permeámetro), clavado en el suelo, para medir el volumen de agua absorbida (descenso) en función de la carga y del tiempo. El método que se considera en esta investigación es el de carga constante. La longitud del permeámetro fue de 70 cm.

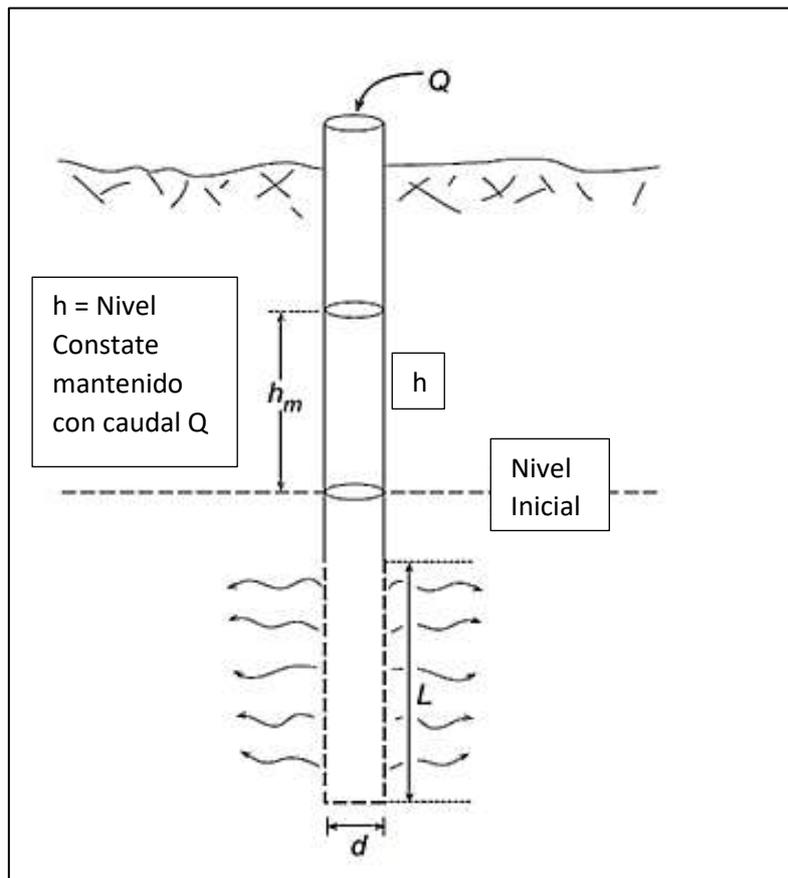


Figura 6 Ensayo de permeabilidad

Fuente: Tomado de Werner, (1996)

Cálculos de ensayo de Lefranc a carga constante

Para obtener la conductividad hidráulica se lo hace mediante la siguiente expresión

$$K = \frac{Q * h}{A * C}$$

Donde:

K= conductividad hidráulica

Q= caudal inyectado

h= altura del agua dentro del sondeo, por encima del nivel estático previo

C= factor de forma

$$C = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{2L}{d}\right)}$$

L = longitud de la zona filtrante

D = diámetro de la zona filtrante

2.2.4.3. Parámetros fisicoquímicos

Nos proporciona información sobre las propiedades fisicoquímicas de las aguas y sobre su contenido en sustancias disueltas. Al ser estos parámetros susceptibles con forme varía el tiempo, es necesario realizar un control periódico y sistematizada. Para estas mediciones se puede realizar extrayendo en frascos debidamente preparado y conservando lo mejor posible las muestras para que las condiciones sean lo más cercana posible a la realidad, sin embargo, algunos de estos parámetros se pueden tomar in-situ usando medidores multiparamétricos. (Alfaro, martines & Castaño, 2006)

Las principales características fisicoquímicas que se determinan en un análisis son:

Temperatura, valor expresado en grados Celsius el valor suele coincidir con la temperatura ambientan sin embargo puede aumentar de acuerdo con el gradiente geotérmico, la variación de la temperatura influye en la solubilidad de las sales y en el contenido de gases disueltos

pH: mide la concentración de iones de hidrógeno logarítmicamente, se ve afectado por la pérdida de dióxido de carbono. Este parámetro adimensional, tiene al valor de 7 correspondiente a un valor neutro y los inferiores a este número se consideran ácidos y los superiores básicos. (Collazo & Montaña, 2012).

Total de sustancias disueltas TDS. Es el peso de todas las sustancias disueltas, en un determinado volumen de agua. Se suele medir en ppm o g/L este parámetro puede verse afectado por los cambios de pH y en la temperatura pueden producir disolución precipitación de sales.

Conductividad eléctrica es la capacidad que tiene el agua para conducir corriente eléctrica. Depende la cantidad de iones disueltos de su carga y de su movilidad se mide en microsiemens/cm, o micromohs/cm

Potencial redox es una medida de la tendencia a la oxidación o a la reducción de las sustancias que lleva en disolución el agua subterránea la oxidación implica una pérdida de electrones y por lo tanto una ganancia de valencia. La reducción, por el contrario, implica una ganancia de electrones y una pérdida de valencia puesto que el número de electrones es constante e una determinada disolución la oxidación de un elemento implica la reducción de otro.

demanda química de oxígeno mide la capacidad del agua en consumir oxígeno durante procesos químicos. (Collazo & Montaña, 2012).

El manejo de los resultados de los análisis se utiliza tanto para conocer su aptitud para determinados usos como para aclarar o resolver algunos procesos hidrogeológicos. En ambos casos es necesario planificar campañas de muestreo que en general se refieren a:

La turbidez es la cantidad de partículas suspendidas en el agua, la salinidad, el potencial óxido-reductor,

Oxígeno disuelto parámetro que mide la cantidad de oxígeno en el agua los cuales se pueden obtener usando un equipo el cual está basado en una reacción en el bulbo y la cantidad de energía que conduce. (Collazo & Montaña, 2012).

2.2.4.4. Controles geológicos del comportamiento hidrogeológico

Los más importante son las estructuras como fallas, pliegues, fisuras y el fracturamiento de las rocas, la estratificación que describe las relaciones geométricas y la edad entre formaciones geológicas de origen sedimentario y la litología que es el componente físico incluyendo la composición mineral tamaño y distribución de grano (Freeze & Cherry, 1979)

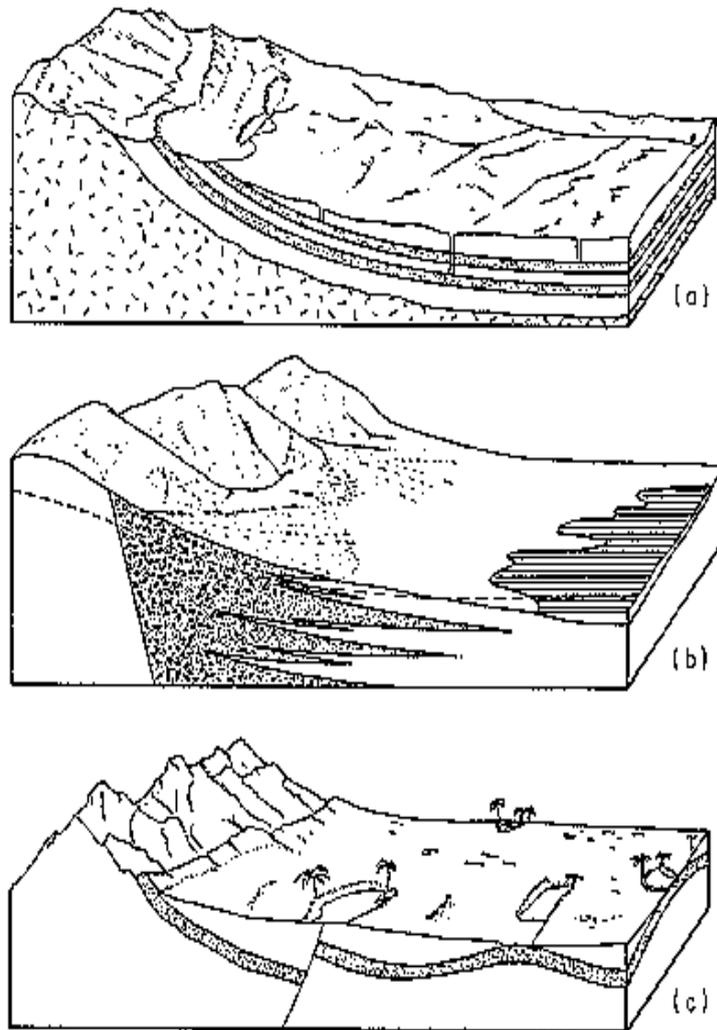


Figura 7 Influencia de la litología, estratigrafía y la geología estructural para la surgencia de acuíferos

Fuente: Tomado de Freeze & Cherry, (1979)

2.2.5. Unidades Hidrogeológicas

Se entiende como uno o varios acuíferos que se agrupan a efectos de conseguir una administración del agua racional y eficaz se clasifican en función de su comportamiento hidrogeológico. Estudiando las unidades hidrogeológicas permiten establecer la geometría y las relaciones existentes entre dichas unidades. La delimitación de unidades hidrogeológicas se agrupa de acuerdo con sus posibilidades de almacenar y transmitir agua, características hidráulicas de los acuíferos, posición de los niveles piezométricos, condiciones del flujo de las aguas subterráneas y su relación con los componentes del ciclo hidrológico, características hidroquímicas y eventualmente isotópicas y delimitación de zonas de recarga, tránsito y descarga. En términos generales, sintetiza las condiciones básicas del estado y dinámica de las aguas subterránea en el subsuelo y sus relaciones con los cuerpos de agua superficial y los aportes atmosféricos. Se realiza con base en el análisis e interpretación de información geológica, hidrológica, hidráulica, hidroquímicas e isotópica y permite tener una visión del comportamiento de los acuíferos o sistemas acuíferos de un área dada a la escala deseada. (Werner, 1996)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Evapotranspiración, es la fase del ciclo hidrológico que consiste la evaporación del agua en el suelo, plantas y animales (Davila, 2010)

Formación geológica, es un cuerpo de roca que tiene un conjunto consistente de características físicas (litología) que se distinguen de los cuerpos de rocas adyacentes. (Davila, 2010)

Permeabilidad, se define como la facilidad con la que un líquido pasa a través de un cuerpo en esta investigación el líquido es el agua. (Davila, 2010)

Porosidad, Es el volumen de huecos con respecto al volumen total de la roca. (Davila, 2010)

Unidad Hidrogeológica, es un conjunto de formaciones geológicas cuyo funcionamiento hidrogeológico conviene considerar conjuntamente. Dentro de la unidad podrá haber uno o varios acuíferos quizá acuitardos o acuícludas entre

ellos. Se considera una unidad porque están conectados de modo que su funcionamiento (entradas, salidas, balance) hay que estudiarlo de un modo conjunto. Esta agrupación de formaciones es relativamente subjetiva, depende de la escala y de los objetivos del trabajo, y puede subdividirse en unidades menores. (Davila, 2010)

DEM: es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar. (Davila, 2010)

Topología: Rama de la matemática que se ocupa del estudio de las propiedades espaciales y de la estructura de los conjuntos y espacios que se mantienen invariantes bajo transformaciones continuas, como estiramientos, compresiones y deformaciones. En otras palabras, se enfoca en analizar las propiedades geométricas que no cambian cuando se realizan transformaciones que conservan la continuidad. (Munkres, 1975)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Ubicación geográfica

Geográficamente la quebrada Rucre se encuentra en la cordillera occidental del Perú, comprendida entre 2400 a 3400 msnm, y está delimitado por el divortium Aquarium de la quebrada que abarca un área aproximada de 17.052 kilómetros cuadrados, los vértices del rectángulo que enmarcan el área de estudio están delimitados los por vértices de la tabla 3 con coordenadas en UTM: Datum WGS-84, Zona 17 Sur.

Tabla 3 Vértices del área que contiene a la microcuenca Rucre

Vértices	Este	Norte
1	789573.793	9204077.63
2	800709.846	9198884.8
3	798368.377	9193863.51
4	787232.325	9199056.34

3.1.2. Ubicación política

La quebrada rucre se ubica políticamente en el departamento de Cajamarca provincia de Cajamarca, distrito de Jesús, sin embargo, las aguas que alimentan la quebrada, delimitada por el divortium Aquarium, está entre los distritos de Jesús y Namora, lo que genera inconvenientes entre los pobladores y las autoridades para un correcto ordenamiento territorial.

Tabla 4 Distribución distrital de la microcuenca Rucre

Distrito	Área de la microcuenca (km ²)	Longitud en conflicto(km)
En Jesús	11.378052	5.581
En Namora	5.674388	



Figura 8 Ubicación de la provincial de la Microcuenca



Figura 9 Ubicación Distrital de la Unidad Hidrográfica

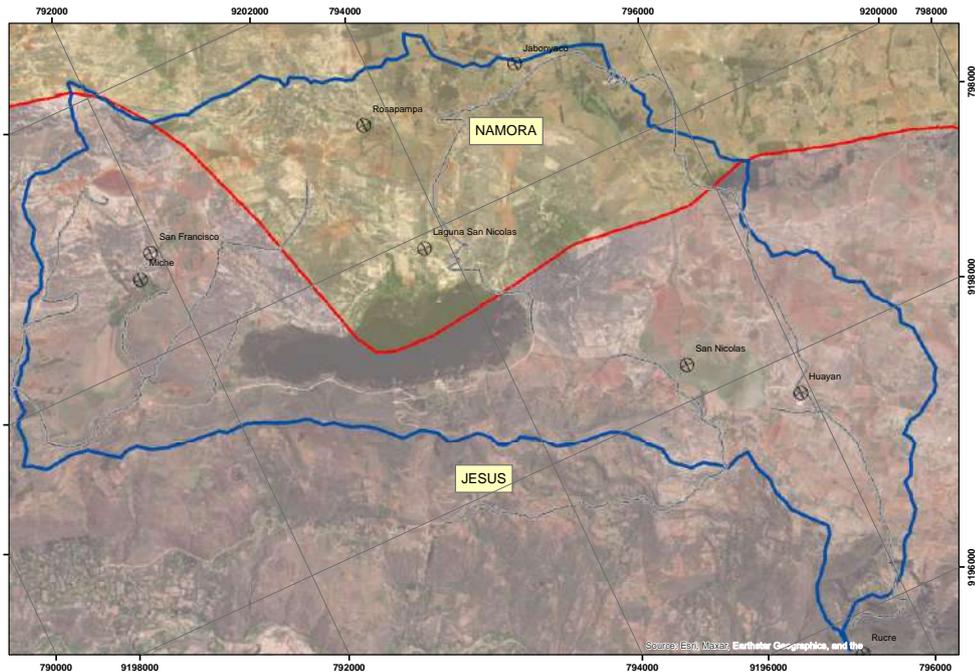


Figura 10 Ubicación política de la microcuenca Rucre

3.1.3. Accesibilidad

El acceso a la quebrada rucre desde la ciudad de Cajamarca se realiza por 3 rutas una es la carretera principal de Cajamarca hacia Llacanora y seguido de ello Namora para luego ir hacia la laguna, la segunda es ir de Cajamarca hacia Jesús, luego a la quebrada y la tercera es por el desvío en la carretera de Llacanora – Namora tomando el desvío que da hacia la planta de tratamiento de residuos sólidos

Tabla 5 Rutas de acceso a la microcuenca Rucre

Ruta	Tramo	Tipo	Tiempo	Distancia
Ruta 1: Por Jesús	Cajamarca - Jesús	Carretera asfaltada	45 min	37.38 km
	Jesús - Rucre	Carretera afirmada	30 min	
Ruta 2: por Namora	Cajamarca - Namora	Carretera asfaltada	60 min	28.5 km
	Namora - Rucre	Carretera afirmada	30 min	
Ruta 3: Por el relleno sanitario	Cajamarca - Relleno sanitario	Carretera asfaltada	35 min	26.3 km
	Relleno sanitario - Rucre	Carretera afirmada	20 min	

3.1.4. Clima

Presenta un clima variado, desde templado a templado frío el cual depende de la altitud y época del año, los meses con mayor precipitación comprenden desde noviembre a abril y el promedio de temperatura anual es de 18°C, para la obtención de estos datos se uso la información de la “data PISCO” publicado por SENAMHI en la biblioteca de datos del “Institute for Climate and Society”, el cual nos permite descargar en formato NetCDF para luego extraer a través de un Shapefile de la microcuenca rucre en el software R a través de un script.

Tabla 6 Precipitación acumulada mensual de los años 2006 - 2016

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2006	104. 7	92.7	252. 3	91.4	8.1	29.0	1.4	7.1	42.0	33.6	71.0	112. 5
2007	139. 7	28.5	227. 4	123. 4	29.1	0.3	6.1	5.7	15.9	127. 6	91.7	77.6
2008	115. 3	160. 9	147. 8	75.8	18.5	20.9	2.4	8.3	41.1	123. 0	67.5	23.6
2009	234. 9	103. 7	174. 3	102. 9	41.4	16.1	9.3	7.7	9.5	102. 3	95.5	103. 8
2010	67.9	104. 9	148. 4	68.3	28.4	12.3	8.7	0.2	29.3	47.1	77.4	87.7
2011	101. 8	90.9	144. 5	138. 9	7.6	0.3	6.9	1.0	35.8	34.5	45.3	141. 3
2012	193. 0	129. 1	90.1	89.1	31.4	7.0	0.0	4.0	5.2	126. 8	100. 4	58.3
2013	74.2	100. 5	244. 5	55.5	66.4	0.9	0.6	12.8	2.6	106. 5	15.7	91.6
2014	83.1	203. 0	150. 7	64.6	57.1	4.4	3.4	0.0	22.2	45.4	54.2	118. 4
2015	185. 1	69.0	210. 2	63.8	73.7	1.8	1.9	0.2	7.9	23.1	105. 3	45.5
2016	92.6	110. 2	74.2	68.0	8.0	11.3	0.5	1.2	21.1	46.5	13.0	115. 0
PROM	126. 6	108. 5	169. 5	85.6	33.6	9.5	3.8	4.4	21.1	74.2	67.0	88.7
Precipitación anual promedio											792.5	

Fuente: Tomado de la data SENAMHI HSR PISCO Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations, (2020)

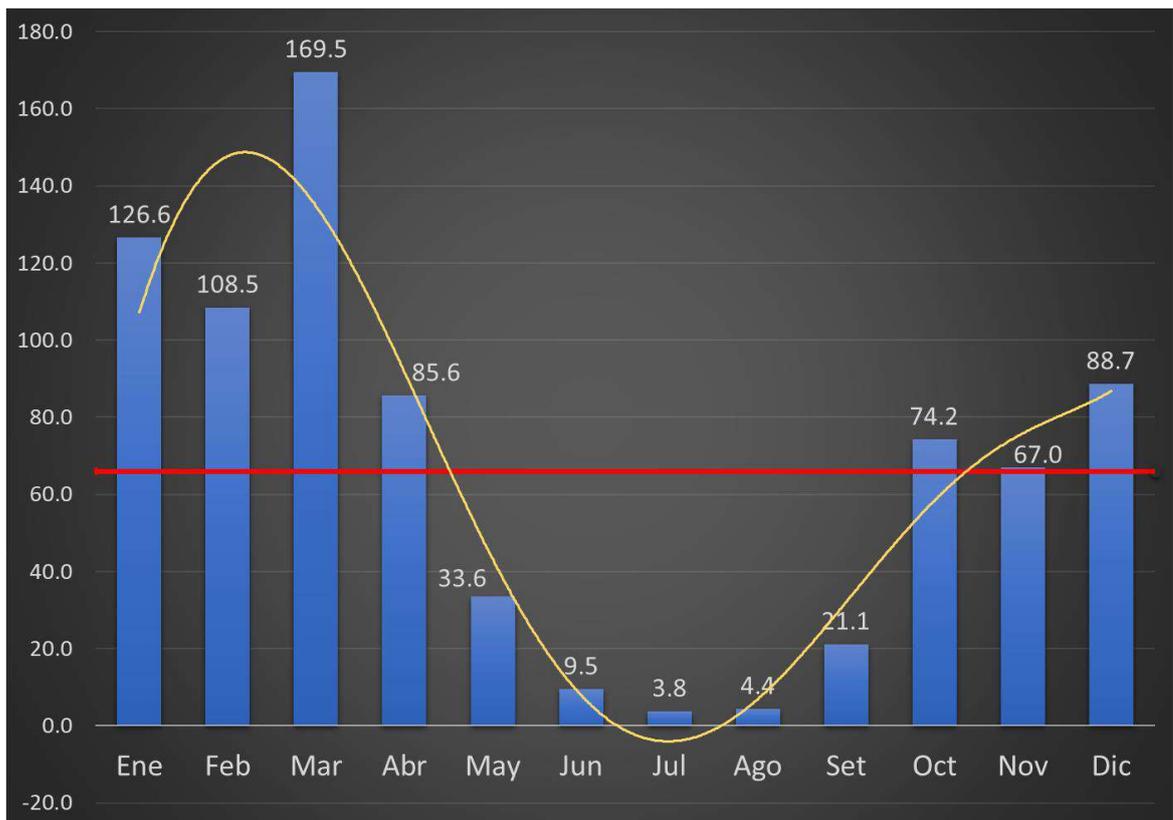


Figura 11 Histograma del promedio de las precipitaciones mensuales

Fuente: Tomado de la data SENAMHI HSR PISCO Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations, (2020)

Para calcular la Precipitación por el método de las isoyetas nos basamos en las 3 estaciones más cercanas, luego realizamos una interpolación en ArcGIS con el Kriging, y luego recortamos el ráster con los límites de la microcuenca rucre y finalmente aplicamos la formula mostrada en el capítulo anterior, (los datos meteorológicos de las estaciones se encuentran en los anexos).

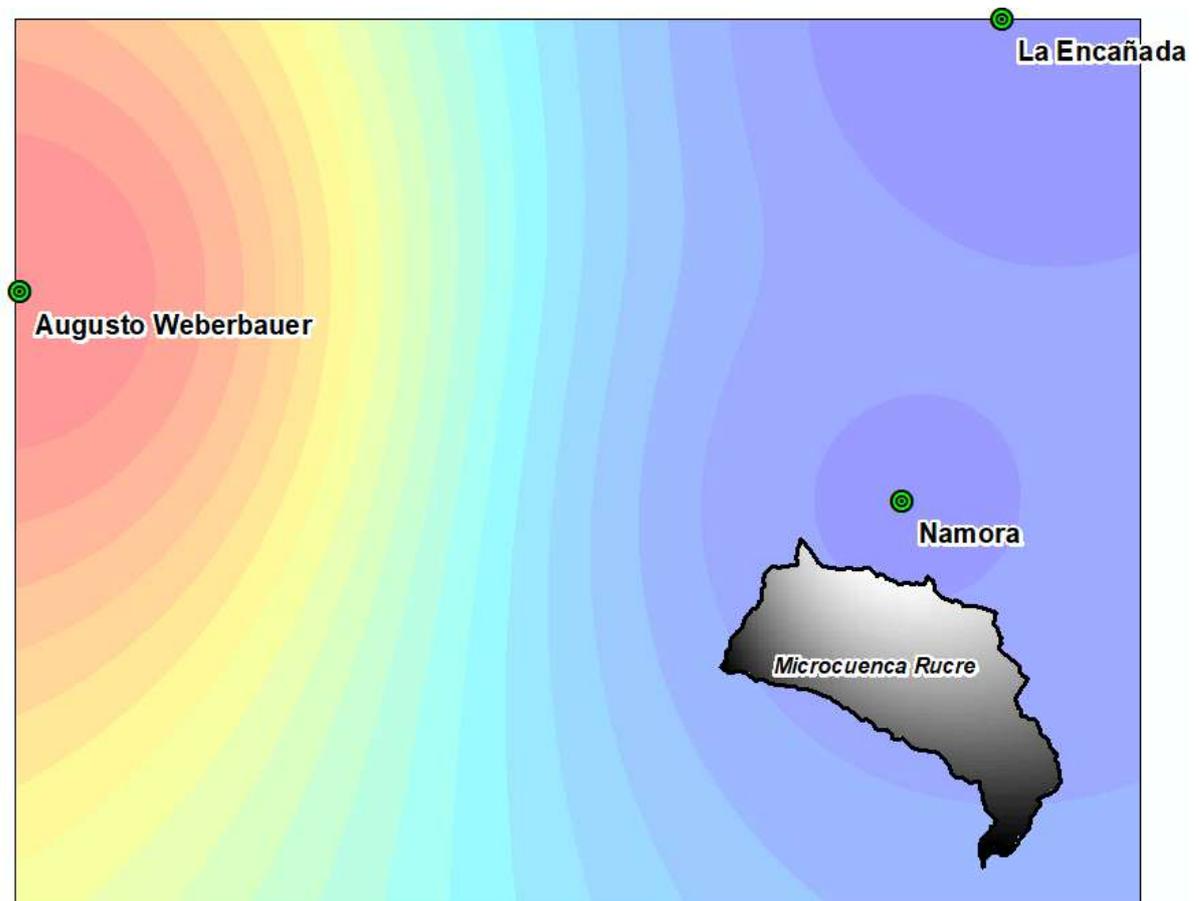


Figura 12 cálculo de la precipitación a partir de las estaciones cercanas mediante el método de isoyetas

Tabla 7 Obtención de la precipitación mediante el método de las isoyetas

N° de isoyeta	Precipitaciones mm/año		Áreas comprendidas entre isoyetas m2	(Prec. Prom.) x (área)
	min.	máx.		
1	920.07	924.76	1727886.016	1593827980
2	924.6	927.41	3259071.277	3017916298
3	927.41	929.66	4065185.468	3774666989
4	929.66	931.95	4126791.382	3841238053
5	931.95	934.71	3839364.846	3583394392
Precipitación en la microcuenca Rucre				929.0613427

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_y A_y}{A_t}$$

$$P = 929.061 \text{ (mm/año)}$$

3.1.5. Vegetación

En cuanto a la vegetación propia de la zona encontramos; árboles y arbustos como: retama, eucalipto, aliso, llantén. En cultivos comprende; maíz, papa, cebolla, arveja, alfalfa, caña de azúcar, papa, manzana, capulí, membrillo, palta, chiclayo, caigua y verduras. Se obtuvo la información espacial sobre la cobertura vegetal de Cajamarca la cual se recortó según el área de estudio para tener una mejor interpretación del comportamiento hidrogeológico. (Portuguez Yactayo, 2015).

Tabla 8 Descripción de la cobertura vegetal, recortada al área de estudio

Descripción de Cobertura vegetal	Código	Área km ²
Cuerpos de agua	A	0.579919
Tierras con áreas urbanas	AU	0.108067
Tierras con cultivos agrícolas, vegetación escasa y afloramientos rocosos	CA - VE	40.063111
Tierras con plantaciones forestales y vegetación arbustiva	F - VA	0.278902
Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva	M	2.730827
Tierras con pastos cultivados y cultivos agrícolas	PC - CA	5.471353
Tierras con pastos naturales, vegetación escasa y afloramientos rocosos	PN - VE	0.297048
Tierras con vegetación arbustiva, vegetación escasa y afloramientos rocosos	VA - VE	18.547017

Fuente MINAN, (2021)

3.2. PROCEDIMIENTO

3.2.1. Metodología

Se realizó una investigación de nivel descriptivo, del tipo transversal y de diseño de investigación no experimental. El Método de investigación: estará dividido en Tres Fases, la primera será de recopilación de información, la segunda de obtención de muestras, análisis in situ con equipo multiparamétricos, ensayos de infiltración y la tercera etapa interpretar los datos (Hernández Sampieri, 2014).

Etapa de Gabinete I

En esta etapa se recopiló antecedentes tanto de libros como de tesis realizadas en temas similares o en las cercanías del lugar, se interpretó, y ordeno de manera metodológica la información obtenida, también para la generación de planos preliminares que utilizados para salir a campo nos logramos de información de geoservidores nacionales como lo es el Geocatmin elaborado por el Ingemmet de donde se obtuvo información referida a la geología, para el modelo digital de elevación (DEM), con buena resolución (12.5m). se utilizó el geoservidor de la NASA "Earth Data" y la ortofoto se obtuvo del software libre de SASplanet y usamos el satélite de Bing, todo esto lo procesamos en el software ArcGIS.

Etapa de Campo

Posterior a la primera etapa con la información recopilada tenemos ya una idea de las características de la zona, como pendiente red hídrica, geología posibles manantiales en la zona de estudio, con esta información planificamos salidas a campo a manera de que podamos abarcar la mayor área posible y las zonas de interés para tomar información de los estratos, contactos, ubicación y características de los manantiales y realizar los ensayos de permeabilidad en rocas mediante el registrando en tablas, fichas y libreta para ajustar los datos e interpretarlos en la última etapa.

Etapa de Gabinete II

En la etapa final con toda la información obtenida en gabinete I y en campo podemos generar conocimiento nuevo interpretando y validando la información obtenida de manera que procesemos esta información usando los softwares y

digitalizando la información teniendo así mapas que se ajusten más a la realidad y la presentación de los datos obtenidos en tablas y gráficos para un fácil entendimiento llegando así a las conclusiones de esta investigación

3.2.1.1. Población de estudio:

Microcuenca de la Quebrada rucre ubicada en los distritos de Jesús y Namora pertenece a la subcuenca del río cajamarquino, y este a su vez pertenece a la cuenca del río crisnejas en el departamento de Cajamarca

3.2.1.2. Muestra:

Drenaje y afloramiento de aguas subterránea, manantiales, los afloramientos rocosos con sus respectivas características litológicas, estructurales y geomorfológicas.

3.2.1.3. Unidad de análisis:

Se analiza la permeabilidad de Litología en las estaciones estratégicas con los ensayos de infiltración, y para el drenaje y los manantiales pH, conductividad, Total de solidos Disueltos, Salinidad, Resistividad, que son los parámetros Fisicoquímicos.

3.2.2. Definición de variables

Variables independientes: parámetros físicos, controles geológicos, son aquellas que son la causa de ocurrencia de la variable dependiente. Mientras que las variables dependientes: Hidrogeología, son los efectos de las variables independientes.

Tabla 9 Definición de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	
Independientes			
Parámetros físicos	Variable que se pueden percibir por los sentidos, porosidad, transmisibilidad, coeficiente de almacenamiento	Dimensiones Porcentaje; <i>m²/día</i>	Indicadores Volumen de poros respecto al volumen del acuífero
Parámetros fisicoquímicos	pH, ORP, OD, TURBI, CE, TDS, Salinidad, T°, Resistividad	mili Voltios	Cationes, Aniones, solidos disueltos, sales disueltas
Controles geológicos	Estructuras, estratificación y litología que influye en el comportamiento hidrogeológico.	Metros, ángulos de buzamiento	Fallas, pliegues, formaciones, tipo de roca
dependientes			
Hidrogeología	Parte de la geología que estudia el agua subterránea y su comportamiento	Dimensiones Tipo de acuífero	Indicadores Clasificación de Werner (1996) y clasificación de Collazo y Montaña (2012)

3.2.3. Técnicas Recolección de datos

Las técnicas empleadas fueron: la anotación de datos de los puntos de observación geológica en la libreta de campo, se registraba codificando la estación y anotando si era un control estructural, se iba a tomar datos litológicos, o se iba a registrar una fuente de agua, luego la observación y descripción de la litología usando una lupa de 20x, lápiz rayador con punta de tungsteno, se tomó datos estructurales con la brújula y también se tomó fotografías con una cámara digital, toda la información quedó georreferenciando con el GPS también se usó fichas para la recolección de información de las fuentes de agua que se medidas con el “Multiparametro Thermo” así mismo también se usó fichas para registrar los ensayos de permeabilidad.

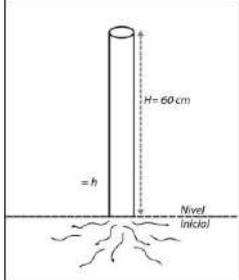
FICHA DE CAMPO PARA ENSAYO DE INFILTRACIÓN					
					
N° Ficha	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Responsable
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Bach. Edwin F. Villacorta
Coordenadas UTM		Altitud	WGS 84 Zona	Localidad/lugar	Distrito
<input type="text"/> E	<input type="text"/> N	<input type="text"/>	17 S	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Vertiente Hidrográfica	Oceano pacifico	Subcuenca	Rio Cajamarquino	Tipo de analisis	<input type="text"/>
Cuenca o Intercuenca	Rio Crisnejas	Microcuenca	Quebrada Rucre	Equipo	<input type="text"/>
Aspecto Geológico		Grado de fracturamiento		Aspecto geomorfológico	
Material predominante		Bajo <input type="checkbox"/> Dis <input type="checkbox"/> DD <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/>		Pendiente	
Intrusivo <input type="checkbox"/> Descrp. Litológica <input type="text"/>		Medio <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		Plan. 0-8 <input type="checkbox"/> Lad. 20-50 <input type="checkbox"/>	
Volcánico <input type="checkbox"/>		Alto <input type="checkbox"/> F1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		Lom. 8-20 <input type="checkbox"/> Escrp >50 <input type="checkbox"/>	
Metamf. <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> F2 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		Unidad geomorfológica	
Sedim. <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> F3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="text"/>	
Dep. sup. <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> F4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
Calculo del Ensayo					
Tiempo(min-s)		Decenso(cm)		Observaciones	
Inter. Acum		Interv. Acum			
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
				Corte geológico	
<input type="text"/>				<input type="text"/>	

Figura 13 Ficha de campo para realizar ensayos de infiltración

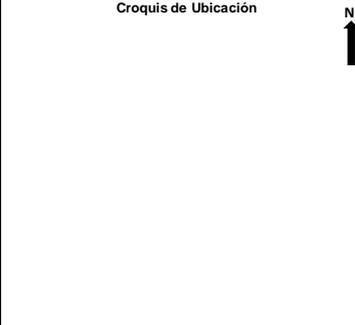
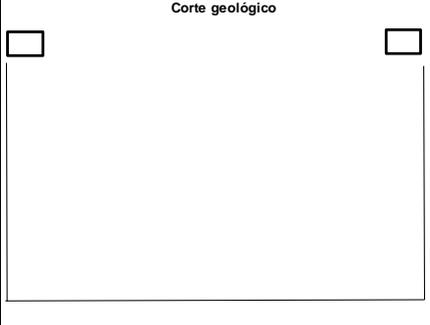
 FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL 						
N° Ficha	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Responsable	
					Bach. Edwin F. Villacorta	
Coordenadas UTM		Altitud	WGS 84 Zona	Localidad/lugar	Distrito	
E	n		17 S			
Vertiente Hidrográfica	Oceano pacifico	Tipo de Fuente	Tipo de analisis	Parametros Fisiscoquimicos		
Cuenca o Intercuenca	Rio Crisnejas	Superficial <input type="checkbox"/>	Equipo			
Subcuenca	Rio Cajamarquino	Pozo <input type="checkbox"/>	N.P. =	Accesorios		
Microcuenca	Quebrada Rucre	Manantial <input type="checkbox"/>		Calibración		
		Termal <input type="checkbox"/>		Otros		
Aspecto Geológico		Columna estratigráfica	Aspecto geomorfológico		Parámetros Fisisco-químicos	
Material predominante			Pendiente		T° fuent <input type="text"/> °C	
Intrusivo <input type="checkbox"/> Descrp. Litológica		Plan. 0-8 <input type="checkbox"/> Lad. 20-50 <input type="checkbox"/>		T° Ambt. <input type="text"/> °C		
Volcánico <input type="checkbox"/>		Lom. 8-20 <input type="checkbox"/> Escrp >50 <input type="checkbox"/>		pH <input type="text"/>		
Metamf. <input type="checkbox"/>		Unidad geomorfológica		pH <input type="text"/> mV		
Sedim. <input type="checkbox"/>				Eh <input type="text"/> mV		
Dep. sup. <input type="checkbox"/>				ORP <input type="text"/> mV		
Grado de fracturamiento		Parámetros Físicos		CE <input type="text"/> µS/cm		
Bajo <input type="checkbox"/> Discontin Dip DD		Caudal (l/s) <input type="text"/>		TDS <input type="text"/> ppm		
Med <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>		Turbid.(NTU) <input type="text"/>		Sal. <input type="text"/> PSU		
Alto <input type="checkbox"/> F1 <input type="checkbox"/>		Color <input type="text"/>		Res. <input type="text"/> hm		
<input type="checkbox"/> F2 <input type="checkbox"/>		Olor <input type="text"/>		RDO <input type="text"/> mg/l		
<input type="checkbox"/> F3 <input type="checkbox"/>		Uso <input type="text"/>		OD <input type="text"/> %Sat		
Croquis de Ubicación		Corte geológico				
						
						OBSERVACIONES
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>						
ARCHIVO FOTOGRAFICO						

Figura 14 Fichas de campo para inventariar las fuentes de agua

Instrumentos y equipo

- Libreta de campo toma de datos generales en campo.
- Martillo de geólogo para obtener despejar y extraer muestras de campo.
- Lápiz rayador punta de tungsteno para verificar la dureza de las muestras.
- Lupa de 20 aumentos para la visualización de los granos y textura de las rocas.
- Brújula tipo geotécnica para la toma de datos estructurales (Dip, Dip Direction).
- Ácido Clorhídrico al 10 % para verificar la reacción de rocas carbonatadas.

- Tubo de PVC, de 60 cm de largo, para los ensayos de infiltración.
- GPS Garmin para georreferenciar los puntos de observación geológica.
- Plano topográfico para ubicarnos y cartografiar en campo.
- Computadora portátil para el procesamiento de datos en gabinete.
- Cámara fotográfica Nikon D5300 24 Mpx para capturar imágenes de interés.
- Protactor de 1:5000 para tomar medidas escaladas en los planos.
- Útiles de escritorio (lápices de colores, borrador, marcadores, lapiceros)
- Tablero para poder apoyar las fichas.
- Medidor Multiparametro Thermo-Orion Star A329 para la toma de información fisicoquímica.

3.2.4. Geomorfología

Las características físicas en la microcuenca de la quebrada están relacionadas con el comportamiento hidrológico, analizar y calcular los parámetros geomorfológicos, ayudaron a comprender las variaciones hidrometeorológicas de la microcuenca, el cartografiado de las unidades se realizó teniendo en consideración un modelo digital de elevación.

3.2.4.1. Unidades morfométricas

Se refiera a la clasificación de pendientes según el rango de ángulos que se forman al procesar un modelo digital de elevación, el proceso consiste en que cada pixel tiene información espacial en tres dimensiones entonces el arco tangente de entre la división de las distancias horizontales sobre las verticales nos da un pixel georreferenciado, pero con información de cuanto es el ángulo calculado. Se tomo la clasificación de las unidades morfológicas de Rodríguez y Huamán (2016) que definió planicies, lomadas, laderas y escarpas.

Tabla 10 Clasificación de las unidades morfológicas

Tipo de relieve	Rango de Pendiente
Planicie	0 – 8
Lomada	8 – 20
Ladera	20 – 50
Escarpes	> a 50

Fuente: Rodríguez y Huamán (2016)

3.2.4.2. Parámetros geomorfológicos

Usando los parámetros de la clasificación de Rodríguez y Huamán (2016), teniendo los siguiente:

Superficie de la microcuenca, se refiere al área que abarca al tener una vista horizontal de todo el sector de la microcuenca, abarcando en este caso 17.05244 kilómetros cuadrados

$$A = 17.05224$$

Forma de la cuenca se determina por medio de incides y coeficientes que están relacionados con el movimiento del agua. Los factores de forma son:

- Perímetro (P) corresponde a la longitud de la línea de contorno de la unidad hidrográfica posee vital importancia en la forma de la cuenca

$$P = 22.64273$$

- Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (kc), se define como la relación que existe entre un perímetro y el perímetro de un círculo que contenga la misma área de la unidad hidrográfica.

$$kc = 0.28P/A^{1/2}$$

$$kc = 1.54$$

El índice de Gravelius es mayor a 1.5 por lo tanto le corresponde a una microcuenca alargada

- Longitud del río principal (Lmr) está definida como la distancia horizontal del río principal desde sus nacientes hasta su desembocadura.

$$Lmr = 9.3877362 \text{ km}$$

- Factor de Forma es el cociente entre el área de la microcuenca y la máxima longitud del recorrido del drenaje principal.

$$kf = A/Lmr^2$$

$$kf = 0.1935$$

- Altura media: parámetro de la unidad hidrográfica de la ponderación de las alturas de un mapa. Está relacionado con la magnitud de la precipitación, variación Lineal muy importante en estudios regionales donde hay poca información local.

$$H = 1/A (\sum H_i S_i)$$

$$H = 2893.86$$

H: Altitud media (m.s.n.m.)

H_i: Altura media de cada área parcial comprendida entre las curvas de nivel

S_i: Área parcial entre curvas

A: Área de la Cuenca

Tabla 11 Calculo de la altitud media

N°	Cota MIN	Cota Max.	Promedio	AREA entre curvas	Acumulado	% acumulado	H _i S _i /A
1	2482	2600	2541	18437.5	17054843.75	100.0	2.75
2	2601	2650	2625.5	35000	17036406.25	99.9	5.39
3	2651	2700	2675.5	54687.5	17001406.25	99.7	8.58
4	2701	2750	2725.5	89843.75	16946718.75	99.4	14.36
5	2751	2800	2775.5	111250	16856875	98.8	18.10
6	2801	2850	2825.5	2493125	16745625	98.2	413.04
7	2851	2900	2875.5	8182031.25	14252500	83.6	1379.52
8	2901	2950	2925.5	3219531.25	6070468.75	35.6	552.26
9	2951	3000	2975.5	2128593.75	2850937.5	16.7	371.37
10	3001	3067	3034	722343.75	722343.75	4.2	128.50
						Altitud media(m) =	2893.86

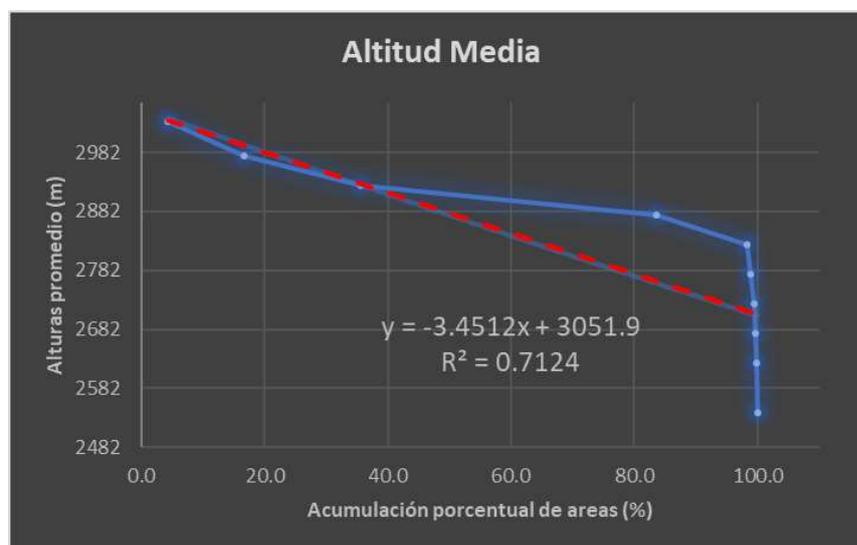


Figura 15 cálculo de la curva hipsométrica para determinar la altitud media

3.2.5. Hidrografía

La microcuenca de la Quebrada Rucre está ubicada dentro de la influencia de la Cuenca del río Cajamarquino. Tiene sus orígenes en la parte alta donde se encuentra la laguna San Nicolas abastece la quebrada y una red secundaria conformada por quebradas aledañas, en cuanto a la dirección del flujo tiene dos direcciones bien marcadas la primera va de Noroeste hacia sureste y la segunda es que va de noreste a suroeste. Tiene un área de captación de 17.05 kilómetros cuadrados aproximadamente la red hídrica alcanza el orden 3 Según la clasificación de Horton-Sthraler (Ortiz, 1995) y tiene una longitud total de 22.6 kilómetros.

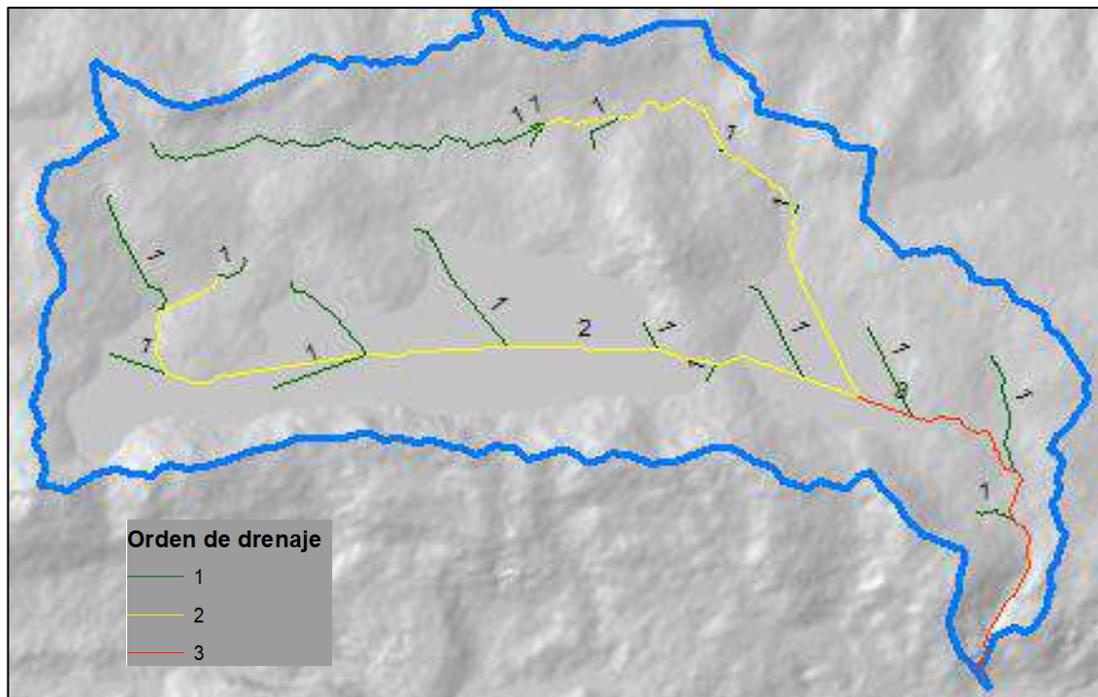


Figura 16 Orden de Ríos de la Microcuenca Rucre según la clasificación de Strahler

Fuente: Generado a partir del Modelo digital de elevación en el software ArcGIS, 2022

3.2.6. Geología Local

3.2.6.1. Grupo Goyllarisquizga

3.2.6.1.1. Formación Farrat

Es la unidad superior del grupo Goyllarisquizga, la encontramos al sur de la microcuenca, se halla compuesta principalmente por areniscas cuarzosas blancas. Algunos estratos de arenisca son de grano grueso presentan canales de clastos subredondeados a redondeados de cuarzo y cuarcita. No cuenta con Registro fósil, más su posición estratigráfica que se encuentra sobreyaciendo a la formación Carhuaz (Valanginiano superior – Aptiano inferior) e infrayacente a la formación Chulec (Albiano inferior), por esto se le asigna al Aptiano superior.



Figura 17 Afloramiento de areniscas intercaladas con limolitas de la Fm. Farrat, en la carretera afirmada de Jesús – Laguna San Nicolas (E: 788794; N:9200118)

3.2.6.1.2. Formación Inca

Esta Formación está compuesta en el techo por calizas arenosas y margas debido al paso gradual a la Formación Chulec y en la base se encuentra areniscas de grano fino a medio y limolitas ferruginosas, sobreyace de manera concordante a la Formación Farrat. La edad a la que corresponden los fósiles que presenta en la parte superior son bivalvos gasterópodos, amonites, se le asigna una edad entre el Aptiano superior y Albiano inferior. y se caracteriza también por ser un acuitardo



Figura 18 Afloramiento de limolitas, entre las fracturas están rellenas con óxidos de hierro, ubicado en un corte de la carretera Jesús – Laguna San Nicolas (E:788896, N:9200034).

3.2.6.2. Grupo Crisnejas

3.2.6.2.1. Formación Chulec

La Formación Chulec Suprayace de manera concordante a la Formación Inca, en la parte inferior de la Formación Chulec, está compuesta por estratos delgados de calizas grises, amarillentas y rojizas ferruginosas, intercaladas con limoarcillitas grises. la parte superior se compone de calizas grises en estratos

gruesos en algunos afloramientos con estructuras nodulares se identificó fósiles como el Amonite Parahoplites que indican que pertenece al Albiano inferior. mientras fósiles de la base del Albiano medio por lo que se le asigna a esta unidad al Albiano inferior a medio



Figura 19 a) Afloramiento de la Fm. Chulec a un Kilómetro al este de la laguna San Nicolas, b) se identificó un amonite Parahoplites (E: 794966, N: 9198688)

3.2.6.3. Depósitos Cuaternarios Lacustres

Se encuentran en las cercanías de la laguna San Nicolás, así como también al sureste y al noroeste. Evidenciando que tiempo atrás la laguna tenía dimensiones considerablemente mayores que las actuales. Estos depósitos están constituidos por grava, material fino, arena, arcilla, y material orgánico, que se depositaron gradualmente estrato tras estrato en el fondo del lago y preservan registros de cambios ambientales, geológicos y registro de vegetación pasada.

3.2.7. Geología estructural

3.2.7.1. Fracturas sin desplazamiento

Todas las formaciones se presentan considerablemente fracturadas y son el producto de las deformaciones que se iniciaron al final del Cretácico correspondiente a los movimientos del ciclo andino. Usando la ortofoto del satélite Bing se identificaron fracturas en la microcuenca y alrededores para analizar las direcciones principales, y con esto se tiene una relación hidráulica entre el fracturamiento y los afloramientos de agua. Así también se obtuvieron las medidas de las fracturas en los afloramientos rocosos.

3.2.7.2. Fallas

En la microcuenca se evidencia una serie de fallas la más importante es la que pasa de norte a sur en la parte oriental de la microcuenca, suroccidental se puede inferir una falla, con orientación 302° N e inclinación 50° , localmente en los afloramientos rocosos y cortes de carretera se pueden identificar fallas que también influirían en el comportamiento hidráulico aumentando la permeabilidad de las rocas, originándose un acuífero fisurado.

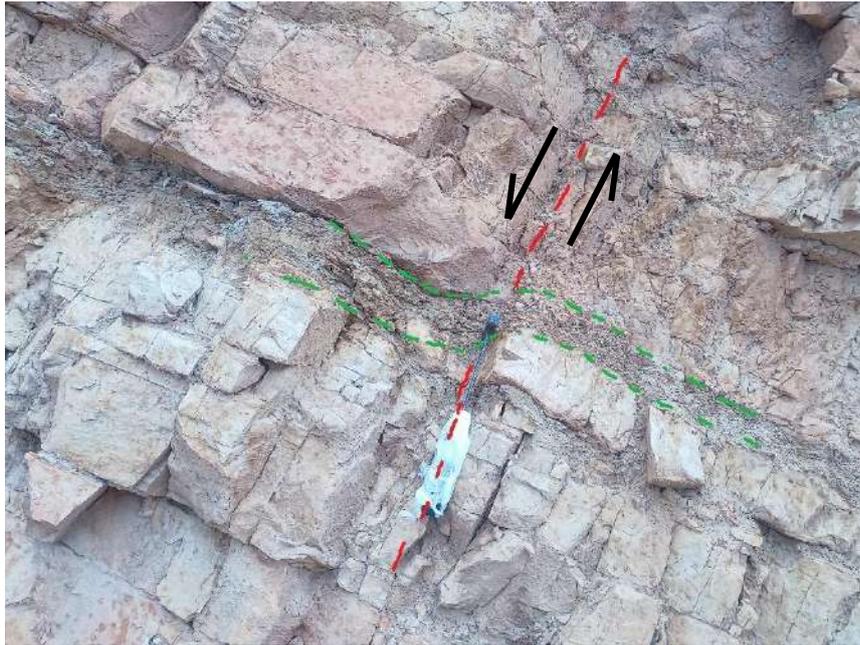


Figura 20. En la Fm. Farrat se ubicó una falla Normal con dirección de buzamiento 302 y buzamiento 50 (E:788794; N:9200118).

3.2.7.3. Sinclinal

La laguna San Nicolás esta sobre un pliegue sinclinal con dirección noroeste sureste y por la forma cóncava ha servido para la acumulación de la masa de agua, que forma la Laguna San Nicolas conformado superficialmente por una roca plástica de la formación Chulec, los esfuerzos para la generación de este pliegue fueron de extensionales de noroeste y suroestes. Para mejor referencia ver el Plano 02

3.2.7.4. Anticlinal volcado

El anticlinal volcado se sitúa en la porción meridional de la microcuenca extendiéndose con un eje cuya dirección va de noroeste a sureste y solo pasa por la mitad de la microcuenca, está conformada superficialmente por la Formación Chulec cuyas rocas tienen propiedades plásticas. Se caracteriza también por que estuvo sometido a esfuerzos compresionales principalmente originados desde el Noreste.

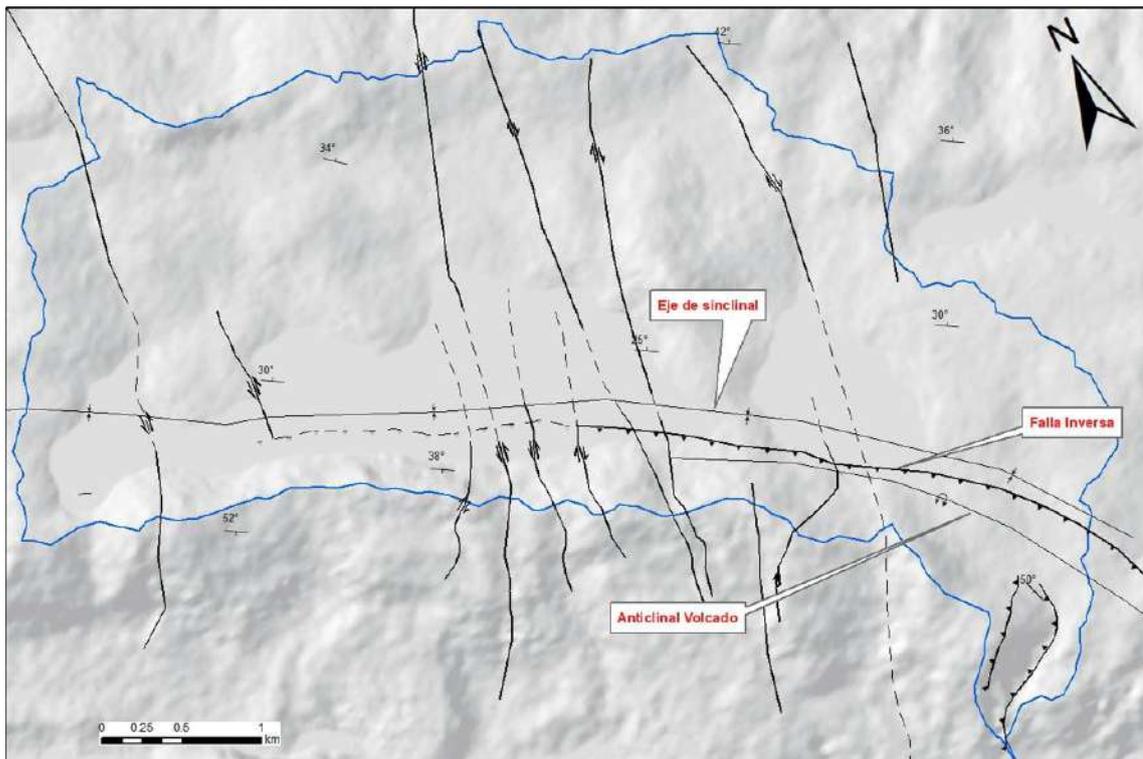


Figura 21 Fallas y pliegues identificados dentro de la Unidad hidrográfica

3.3. HIDROGEOLOGÍA

En la Unidad Hidrográfica se han identificado tres unidades hidrogeológicas que se derivan del análisis del plano geológico. Estas unidades ofrecen una comprensión detallada de la distribución de los recursos hídricos en la microcuenca.

En primer lugar, se encuentra un acuífero sedimentario que consiste principalmente en rocas calcáreas de la Formación Chulec, actuando como un acuitardo. Una capa que limita el flujo de agua y regula la transferencia de fluidos entre las diferentes capas geológicas. Esta característica tiene un impacto significativo en la dinámica de aguas subterráneas por su impermeabilidad.

A continuación, se presenta un acuífero fisurado sedimentario conformado por rocas detríticas de la Formación Farrat. Este tipo de acuífero se caracteriza por las fracturas y fisuras en las rocas que permiten que el agua fluya y se almacene en ellas, la presencia de este acuífero fisurado influye en la cantidad y velocidad de recarga de agua subterránea en la microcuenca.

Por último, se ubican los depósitos cuaternarios, los cuales desempeñan un papel fundamental en el ciclo hidrológico local. Estos depósitos son altamente permeables y tienen la capacidad de recargarse rápidamente durante las temporadas de lluvias razón por la que se les denomina acuíferos porosos no consolidados.

La permeabilidad de estas unidades hidrogeológicas también está influenciada por las estructuras geológicas presentes en el área de investigación la que puede tener implicaciones para la gestión del recurso hídrico.

Es importante destacar que la clasificación hidrogeológica utilizada se basó en el enfoque propuesto por Werner en 1996, mientras que los colores y símbolos empleados en el mapa se adhieron a las pautas establecidas en la Guía Internacional Estándar de Leyendas para Mapas Hidrogeológicos (Hydrogeological Maps: A Guide and a Standard Legend) publicada por Struckmeire y Margat en 1995. Ver plano 04

3.3.1. Parámetros Físicos de las rocas de los acuíferos

Se llevó a cabo el ensayo de Lefranc en tres tipos de acuíferos para estimar su permeabilidad. Se utilizó un tubo de PVC de 54 mm de diámetro y 60 cm de longitud para realizar el ensayo a carga constante. En el acuífero poroso no consolidado, las mediciones se realizaron aproximadamente cada 1 minuto, mientras que en los acuitardos y acuíferos se tomaron cada 5 minutos.

Este ensayo consistió en medir el tiempo necesario para que el agua fluya a través de la muestra de suelo saturada bajo una carga constante. A medida que el agua fluye a través del suelo, se puede determinar la velocidad del flujo, y en base a eso calcular la permeabilidad del suelo

El procedimiento básico del ensayo de Lefranc de carga constante implica:

- Preparación de la muestra, esta consiste en realizar un hueco en el estrato o deposito cuaternario de aproximadamente 10 cm de profundidad.
- Para el montaje del ensayo insertar el tubo de PVC y asegurar los costados para que no se escape el líquido por los costados.
- Para el inicio del ensayo se llena a tope el tubo de PVC y se mide en el tubo la profundidad de agua que se a filtrado en un tiempo determinado calculando así el caudal.
- A partir de los datos recopilados es posible calcular la velocidad de flujo utilizando la ley de Darcy y determinar la permeabilidad.

Para calcular el factor de forma para los ensayos se realizo el siguiente calculo

Factor de forma (C)

$$C = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{2L}{d}\right)}$$

$$C = \frac{2\pi(0.60)m}{\ln\left(\frac{2 * 0.60}{0.054m}\right)}$$

$$C = 2.8$$

L = longitud de la zona filtrante

D = diámetro de la zona filtrante

3.3.1.1. Ensayo de Lefranc 01

Cálculos de ensayo de Lefranc a carga constante de la estación 01 Para obtener la conductividad hidráulica usamos las siguientes expresiones

Conductividad Hidráulica:

$$K = \frac{Q * h}{A * C}$$
$$K = \frac{0.0016 * 0.045}{2.8 * 0.002}$$
$$K = 0.0112 \text{ mm/m}^3$$

Donde:

K= conductividad hidráulica

Q= caudal inyectado

h= altura del agua dentro del sondeo, por encima del nivel estático previo

C= factor de forma



Figura 22 Procedimiento del ensayo de infiltración 01



FICHA DE CAMPO PARA ENSAYO DE INFILTRACIÓN

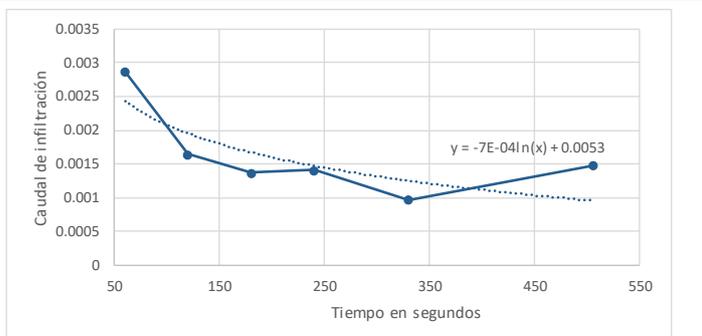


N° Ficha	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Responsable
1		EL-01	25/07/2023	15:01	Bach. Edwin F. Villacorta
Coordenadas UTM		Altitud	WGS 84 Zona	Localidad/lugar	Distrito
790774	E	9199787	N	2839	17 S
Vertiente Hidrográfica	Oceano pacifico	Subcuenca	Río Cajamarquino	Tipo de analisis	
Cuenca o Intercuenca	Río Crisnejas	Microcuenca	Quebrada Rucre	Equipo	

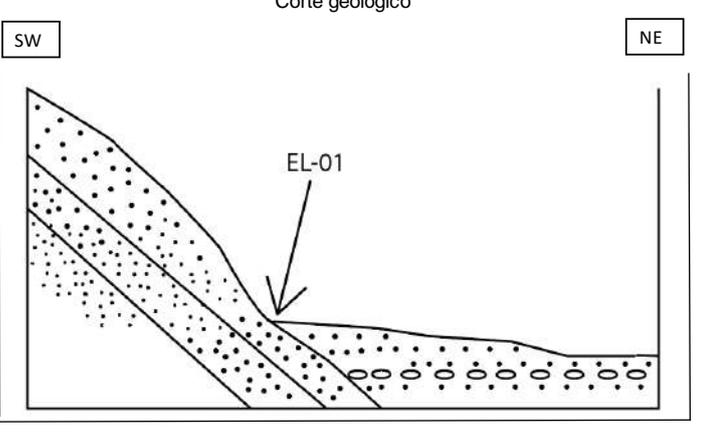
Aspecto Geológico Material predominante Intrusivo <input type="checkbox"/> Descrp. Litológica Volcánico <input type="checkbox"/> Depositos cuaternarios de Metamf. <input type="checkbox"/> origen aluvioacustrino Sedim. <input type="checkbox"/> Dep. sup. <input checked="" type="checkbox"/>	Grado de fracturamiento Bajo <input type="checkbox"/> Dis DD D Medio <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> Alto <input type="checkbox"/> F1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> F2 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> F3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> F4 <input type="checkbox"/>	Aspecto geomorfológico Pendiente Plan. 0-8 <input checked="" type="checkbox"/> Lad. 20-50 <input type="checkbox"/> Lom. 8-20 <input type="checkbox"/> Escrip >50 <input type="checkbox"/> Unidad geomorfológica Zona de inundacion en tiempo de lluvias
---	--	---

Calculo del Ensayo

	Medidas		Calculo	
	Tiem	Acum	Vol	caudal
1	60	7.5	0.1718	0.00286
2	120	4.3	0.0985	0.00164
3	180	3.6	0.0824	0.00137
4	240	3.7	0.0847	0.00141
5	330	3.8	0.087	0.00097
6	505	4.2	0.0962	0.00148
7	Media	0.045	Media	0.00162
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				



Corte geológico



Croquis de la ubicación



Figura 23 Ficha de campo para infiltración 01

3.3.1.2. Ensayo de Lefranc 02

Cálculos de ensayo de Lefranc a carga constante de la estación 02

Para obtener la conductividad hidráulica usamos las siguientes expresiones

Conductividad Hidráulica:

$$K = \frac{Q * h}{A * C}$$
$$K = \frac{0.00007 * 0.009}{2.8 * 0.002}$$
$$K = 0.00007 \text{mm/m}^3$$

Donde:

K= conductividad hidráulica

Q= caudal inyectado

h= altura del agua dentro del sondeo, por encima del nivel estático previo

C= factor de forma



Figura 24 Procedimiento del ensayo de infiltración 02



FICHA DE CAMPO PARA ENSAYO DE INFILTRACIÓN



N° Ficha	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Responsable
2		EL-02	25/07/2023	16:42	Bach. Edwin F. Villacorta

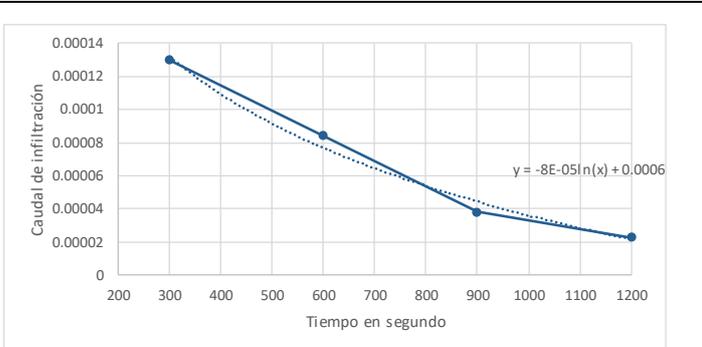
Coordenadas UTM	Altitud	WGS 84 Zona	Localidad/lugar	Distrito
792057 E	9199800 N	2826	17 S	Laguna San Nicolas Namora

Vertiente Hidrográfica	Subcuenca	Tipo de analisis	
Oceano pacifico	Río Cajamarquino		
Cuenca o Intercuenca	Microcuenca	Equipo	
Río Crisnejas	Quebrada Rucre		

Aspecto Geológico Material predominante Intrusivo <input type="checkbox"/> Descrp. Litológica Volcánico <input type="checkbox"/> Formación Chulec, Metamf. <input type="checkbox"/> intercalacion de calizas con lutitas Sedim. <input type="checkbox"/> Dep. sup. <input checked="" type="checkbox"/>	Grado de fracturamiento Bajo <input type="checkbox"/> Dis DD D Medio <input checked="" type="checkbox"/> E 65 30 Alto <input type="checkbox"/> F1 159 80 <input type="checkbox"/> F2 253 75 <input type="checkbox"/> F3 <input type="checkbox"/> F4	Aspecto geomorfológico Pendiente Plan. 0-8 <input checked="" type="checkbox"/> Lad. 20-50 Lom. 8-20 <input type="checkbox"/> Escrp >50 Unidad geomorfológica Quebrada que se activa en temporada de lluvias
---	--	---

Calculo del Ensayo

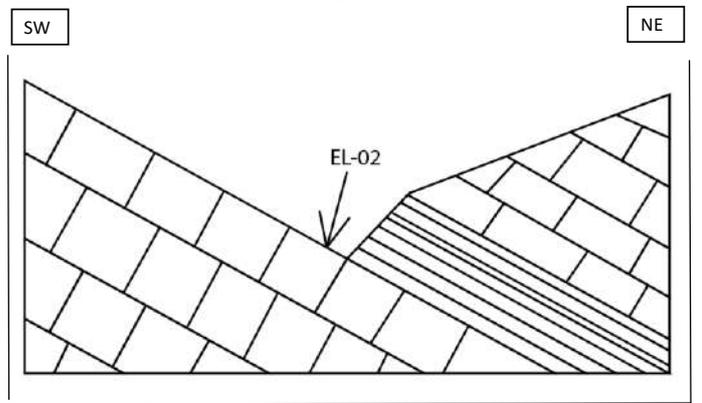
	Medidas		Calculo	
	Tiem	Acum	Vol	Veloc
1	300	1.7	0.0389	0.000130
2	600	1.1	0.0252	0.000084
3	900	0.5	0.0115	0.000038
4	1200	0.3	0.0069	0.000023
5	Media	0.009	Media	0.000069
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				



Corte geológico

SW

NE



Croquis de la ubicación



Figura 25 Ficha de campo para infiltración 02

3.3.1.3. Ensayo de Lefranc 03

Cálculos de ensayo de Lefranc a carga constante de la estación 03

Para obtener la conductividad hidráulica usamos las siguientes expresiones

Conductividad Hidráulica:

$$K = \frac{Q * h}{A * C}$$
$$K = \frac{0.0001393 * 0.02}{2.8 * 0.002}$$
$$K = 0.00025 \text{ mm/m}^3$$

Donde:

K= conductividad hidráulica

Q= caudal inyectado

h= altura del agua dentro del sondeo, por encima del nivel estático previo

C= factor de forma

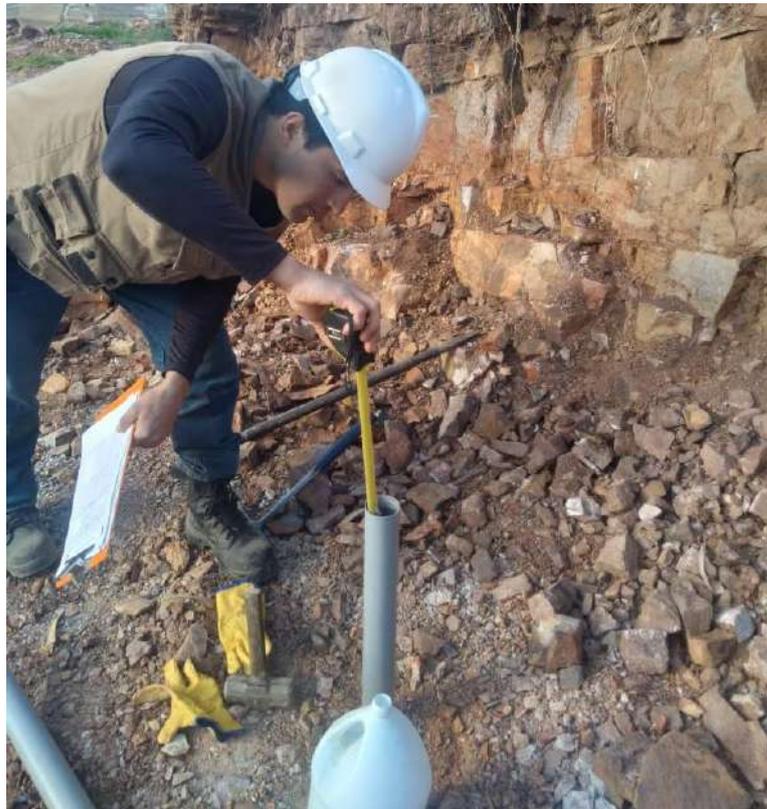


Figura 26 Procedimiento del ensayo de infiltración 03



FICHA DE CAMPO PARA ENSAYO DE INFILTRACIÓN



N° Ficha
3

Nombre de la fuente

Código
EL-01

Fecha
25/07/2023

Hora
15:01

Responsable
Bach. Edwin F. Villacorta

Coordenadas UTM
793302 : 9198614 N

Altitud

WGS 84 Zona
17 S

Localidad/lugar

Distrito
Jesus

Vertiente Hidrográfica
Oceano pacífico

Subcuenca
Río Cajamarquino

Tipo de analisis

Cuenca o Intercuenca
Río Crisnejas

Microcuenca
Quebrada Rucre

Equipo

Aspecto Geológico

Material predominante

Intrusivo Descrp. Litológica

Volcánico Areniscas de grano medio a

Metamf. fino, de la

Sedim. formación farrat, con

Dep. sup. presencia de

Grado de fracturamiento

Bajo Dis DD D

Medio E

Alto F1

F2

F3

F4

Aspecto geomorfológico

Pendiente

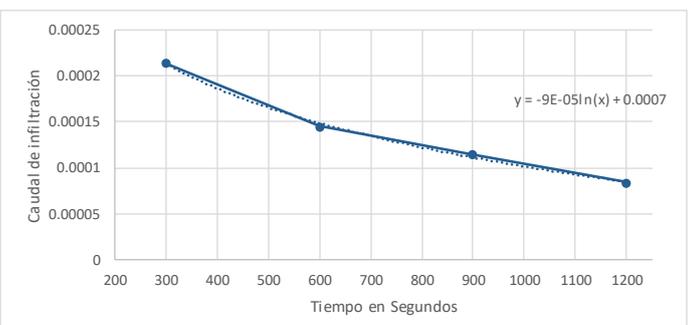
Plan. 0-8 Lad. 20-50

Lom. 8-20 Escrp >50

Unidad geomorfológica
Ladera

Calculo del Ensayo

	Medidas		Calculo	
	Tiem	Acum	Vol	Veloc
1	300	2.8	0.0641	0.0002138
2	600	1.9	0.0435	0.000145
3	900	1.5	0.0344	0.0001145
4	1200	1.1	0.0252	0.000084
5	Media	0.018	Media	0.0001393
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				



Croquis de la ubicación



Corte geológico

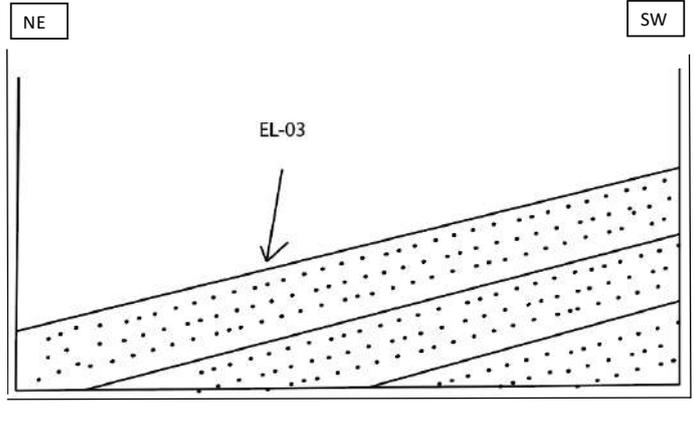


Figura 27 Ficha de campo para infiltración 03

3.3.2. Parámetros Físicoquímicos De Fuentes De Aguas

Para la toma de datos físicoquímicos se usó un Medidor Multiparametro Thermo-Orion Star A329 obteniendo así la temperatura pH, conductividad solidos disueltos y salinidad, y para medir la turbidez de las estaciones se usó un Turbidímetro portátil modelo AQ3010 marca Thermo-Orion, midiendo así 12 estaciones en diferentes partes de la microcuenca para finalmente realizar una interpolación de los datos obtenidos.



Figura 28 Medición de Turbidez en el primer punto de muestreo, (E:790420; N:9200841)

El uso del equipo Thermorion consiste en anexar al multiparametro diversas sondas que miden de manera independientemente los parámetros de conductividad, solidos totales disueltos, salinidad, potencial de hidrogeno(pH) temperatura y con el turbidímetro se midió la transparencia de la muestra de agua en NTU (unidad nefelométrica de turbidez).



Figura 29 Medición del pH y otros parámetros fisicoquímicos In Situ, con multiparametro portátil Thermorion En el primer punto de muestreo (E:790420; N:9200841)

3.3.2.1. Estación de Muestreo 01

La Estación 01 se ubica en parte alta de la microcuenca, se tomó la muestra de una quebrada cuyas aguas transcurre sobre rocas carbonatadas de la Formación Chulec. Estos estratos, con un grosor promedio 1m a 1.5 metros. Los pobladores locales utilizan una bomba para extraer el agua de esta quebrada hacia terrenos de cultivo para, la quebrada tiene un caudal aproximado de 3 litros por segundo (considerando la época en que se midió) agua translúcida e inoloro, presentando también una turbidez de 4.5 NTU.

En la medición de los parámetros fisicoquímicos medimos que el pH es de 7.63, lo que sugiere una neutralidad del agua. La conductividad registrada es de 299.3 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), un valor que apunta a una conductividad significativa. Este alto valor podría relacionarse con la presencia de sales disueltas, tales como iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro y sulfato. Esta condición de alta conductividad también podría señalar la existencia de contaminantes, no obstante, para propósitos agrícolas, es posible interpretarla como una señal de nutrientes beneficiosos.

El valor de Oxidación-Reducción Potencial (ORP) de 105 mV indica que el agua tiende a ser oxidante más que reductora. En otras palabras, muestra una inclinación a aceptar electrones y a participar en reacciones de oxidación. Este descubrimiento podría tener implicaciones en cuanto a la reacción del agua con diversos elementos en su entorno.

La medición de 174.4 ppm de sólidos totales disueltos en el agua señala la presencia de una cantidad apreciable de sales minerales, compuestos orgánicos y otros materiales disueltos. Aunque este valor no parece tener un impacto sustancial en la calidad del agua, proporciona pistas sobre la composición del manantial.

En términos de salinidad, el valor de 0.195 PSU demuestra que el agua es considerablemente poco salina en relación con el agua de mar. De hecho, su carácter dulce en comparación con el mar hace evidente que es apta para diversos usos, especialmente en entornos agrícolas y de consumo humano.

3.3.2.2. Estación de Muestreo 02

La Estación 02 se ubica al noroeste de la primera estación, también en la parte alta de la microcuenca, se tomó la muestra de un pozo de captación de aguas que se encuentra sobre depósitos cuaternarios de gravas y arenas rojizas. Los pobladores locales utilizan el agua para riego las dimensiones de este pozo son de 50 m de largo por 20m de ancho, presenta aguas de color amarillento, inoloro y una turbidez de 271 NTU.

El análisis químico revela un pH ligeramente elevado de 8.08, lo que sugiere una naturaleza ligeramente alcalina del agua. La conductividad registrada es de 0.68 milisiemens por centímetro (mS/cm), un valor que apunta a una conductividad elevada, indicando una mayor presencia de minerales, sales e iones disueltos.

El valor de Oxidación-Reducción Potencial (ORP) de 47.6 mV indica que el agua tiende a ser ligeramente más oxidante más que reductora. En otras palabras, muestra una inclinación a aceptar electrones y a participar en reacciones de oxidación.

La medición de 0.533 pcm de sólidos totales disueltos en el agua señala la presencia de una cantidad considerable de sales minerales, compuestos orgánicos y otros materiales disueltos. Aunque este valor al registrar el equipo en pcm además que visualmente presenta coloración amarillenta

En términos de salinidad, el valor de 0.062 PSU demuestra que el agua es no salina en relación con el agua de mar. De hecho, su carácter dulce en comparación con el mar hace evidente que es apta para diversos usos, especialmente en entornos agrícolas.

En este caso, una resistividad de 14.65 MOhm-cm sugiere que el agua tiene una baja concentración de iones disueltos y, por lo tanto, ofrece una alta resistencia al flujo de corriente eléctrica. Este valor está relacionado con el hecho de que el que su pH es relativamente elevado.

3.3.2.3. Estación de Muestreo 03

La Estación 03 se ubica aproximadamente a 100 metros al noroeste de la segunda estación, también en la parte alta de la microcuenca, se tomó la muestra de un manantial el cual aflora entre el contacto de depósitos cuaternarios con una roca calcárea de la Formación Chulec. Los pobladores locales utilizan el agua para riego, presenta actividad biológica de insectos y algas, las dimensiones del manantial son de 2 m de largo por 2m de ancho, presenta aguas de translucidas, inoloro y una turbidez de 17.07 NTU.

El análisis fisicoquímico revela un pH de 7.52, lo que sugiere que el manantial tiende a la neutralidad. La conductividad registrada es de 310 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), un valor que apunta a una conductividad considerable, indicando presencia de minerales, sales e iones disueltos.

El valor de Oxidación-Reducción Potencial (ORP) de 91.1 mV indica que el agua tiende es más oxidante más que reductora. En otras palabras, muestra una inclinación a aceptar electrones y a participar en reacciones de oxidación.

La medición de 152.5 ppm de sólidos totales disueltos en el agua señala la presencia de una cantidad considerable de sales minerales, compuestos orgánicos y otros materiales disueltos. Aunque este valor al registrar el equipo en pcm además que visualmente presenta coloración amarillenta

En términos de salinidad, el valor de 0.196 PSU demuestra que el agua es no salina en relación con el agua de mar. De hecho, su carácter dulce en comparación con el mar hace evidente que es apta para diversos usos, especialmente en entornos agrícolas.

En este caso, una resistividad de 3.224 kOhm-cm sugiere que el agua tiene una concentración moderada de iones disueltos.

3.3.2.4. Estación de Muestreo 04

La Estación 04 se ubica al este de las estaciones 02 y 03, en parte alta de la microcuenca, al costado de una quebrada, se tomó la muestra del pozo cuyo nivel freático se ubica aproximadamente a la altura de la quebrada, estas aguas no tienen movimiento superficialmente y se puede observar que aflora en rocas carbonatadas de la Formación Chulec. Los pobladores locales utilizan una el agua del manantial tanto para cultivo como para consumo humano, tiene un metro de ancho y 2 de largo aproximadamente, además el agua es translúcida e inoloro, presentando también una turbidez de 4.17 NTU.

En la medición de los parámetros fisicoquímicos medimos que el pH es de 7.45, lo que sugiere una neutralidad del agua. La conductividad registrada es de 412.5 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), un valor que apunta a una conductividad significativa. Este valor podría relacionarse con la presencia de sales disueltas, tales como iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro y sulfato. Esta condición de alta conductividad también podría señalar la existencia de contaminantes, no obstante, para propósitos agrícolas, es posible interpretarla como una señal de nutrientes beneficiosos.

El valor de Oxidación-Reducción Potencial (ORP) de 104.7 mV indica que el agua tiende a ser oxidante más que reductora. En otras palabras, muestra una inclinación a aceptar electrones y a participar en reacciones de oxidación. Este parámetro podría tener implicaciones en cuanto a la reacción del agua con diversos elementos en su entorno.

La medición de 202.6 ppm de sólidos totales disueltos en el agua señala la presencia de una cantidad apreciable de sales minerales, compuestos orgánicos y otros materiales disueltos. Aunque este valor no parece tener un impacto sustancial en la calidad del agua, proporciona pistas sobre la composición del manantial.

En términos de salinidad, el valor de 0.246 PSU demuestra que el agua es considerablemente poco salina en relación con el agua de mar.

3.3.2.5. Estación de Muestreo 05

La Estación 05 se ubica al noroeste de la laguna San Nicolas, se tomó la muestra desde un ingreso artificial hacia la laguna, estas aguas no tienen movimiento superficialmente y se puede observar que alrededor de la laguna está conformada por depósitos cuaternarios lacustres. Los pobladores locales utilizan el recurso hídrico para cultivo, turismo y en menor proporción para la acuicultura; para consumo humano han construido pozos, entre los parámetros físicos tenemos que el agua es translúcida e inolora, presentando también una turbidez de 1.74 NTU, esta turbidez se debe a la presencia de plantas y algas.

En la medición de los parámetros fisicoquímicos medimos que el pH es de 8.03, lo que sugiere una inclinación a la alcalinidad del agua. La conductividad registrada es de 546.6 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), un valor que apunta a una conductividad significativa. Este valor podría relacionarse con la presencia de sales disueltas, tales como iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro y sulfato. Esta condición de alta conductividad también podría señalar la existencia de contaminantes, no obstante, para propósitos agrícolas, es posible interpretarla como una señal de nutrientes beneficiosos.

El valor de Oxidación-Reducción Potencial (ORP) de 89.2 mV indica que el agua tiende a ser oxidante más que reductora. En otras palabras, muestra una inclinación a aceptar electrones y a participar en reacciones de oxidación. Este parámetro podría tener implicaciones en cuanto a la reacción del agua con diversos elementos en su entorno.

La medición de 202.6 ppm de sólidos totales disueltos en el agua señala la presencia de una cantidad apreciable de sales minerales, compuestos orgánicos y otros materiales disueltos. Aunque este valor no parece tener un impacto sustancial en la calidad del agua, proporciona pistas sobre la composición del manantial.

En términos de salinidad, el valor de 0.313 PSU demuestra que el agua es considerablemente poco salina en relación con el agua de mar

FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL					
N° Ficha	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Responsable
5		P05	03/11/2022	10:45	Bach. Edwin F. Villacorta
Coordenadas UTM		Altitud	WGS 84 Zona	Localidad/lugar	Distrito
792401 E	9199793 N	2745	17 S	Laguna San Nicolas	Namora
Vertiente Hidrográfica	Oceano pacífico	Tipo de Fuente	Tipo de analisis	Parametros Fisicoquímicos	
Cuenca o Intercuenca	Río Crisnejas	Superficial <input checked="" type="checkbox"/>	Laguna	Multiparametro-ThermoOrion	
Subcuenca	Río Cajamarquino	Pozo <input type="checkbox"/>	N.P =	Sondas de Ph-CE-TDS	
Microcuenca	Quebrada Rucre	Manantial <input type="checkbox"/>		02/11/2022	
		Termal <input type="checkbox"/>			
Aspecto Geológico Material predominante Intrusivo <input type="checkbox"/> Descrp. Litológica Volcánico <input type="checkbox"/> Metamf. <input type="checkbox"/> Depósitos cuaternarios Sedim. <input type="checkbox"/> lacustrinos Dep. sup. <input checked="" type="checkbox"/>		Columna estratigráfica 		Aspecto geomorfológico Pendiente Plan. 0-8 <input checked="" type="checkbox"/> Lad. 20-50 <input type="checkbox"/> Lom. 8-20 <input type="checkbox"/> Escrip >50 <input type="checkbox"/> Unidad geomorfológica Laguna	
Grado de fracturamiento Bajo <input type="checkbox"/> Discontin Dip DD Med <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alto <input type="checkbox"/> F1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> F2 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> F3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		Parámetros Físicos Caudal (l/s) <input type="text"/> Turbid. (NTU) 1.74 Color translucido Olor inoloro Uso Recreativo		Parámetros Físico-químicos T° fuent 22.2 °C T° Ambt. <input type="text"/> °C pH 9.05 pH <input type="text"/> mV Eh -173.7 mV ORP 89.2 mV CE 546.6 µS/cm TDS 268.3 ppm Sal. 0.313 PSU Res. 1.83 hm RDO <input type="text"/> mg/l OD <input type="text"/> %Sat	
Croquis de Ubicación 			Corte geológico 		
OBSERVACIONES					

Figura 34 Ficha de campo 05 para inventario de fuente de agua

3.3.2.6. Estación de Muestreo 06

La Estación 06 se ubica al norte de la laguna San Nicolas, se tomó la muestra de un pozo artificial, está conformado por depósitos cuaternarios lacustres. Los pobladores locales utilizan el pozo para consumo humano, entre los parámetros físicos tenemos que el agua es translúcida e inoloro, presentando también una turbidez de 2.93 NTU.

En la medición de los parámetros fisicoquímicos medimos que el pH es de 7.62, lo que sugiere una inclinación a la alcalinidad del agua. La conductividad registrada es de 365.8 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), un valor que apunta a una conductividad significativa. Este valor podría relacionarse con la presencia de sales disueltas, tales como iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro y sulfato. Esta condición de alta conductividad también podría señalar la existencia de contaminantes, no obstante, para propósitos agrícolas, es posible interpretarla como una señal de nutrientes beneficiosos.

El valor de Oxidación-Reducción Potencial (ORP) de 92.4 mV indica que el agua tiende a ser oxidante más que reductora. En otras palabras, muestra una inclinación a aceptar electrones y a participar en reacciones de oxidación. Este parámetro podría tener implicaciones en cuanto a la reacción del agua con diversos elementos en su entorno.

La medición de 174.8 ppm de sólidos totales disueltos en el agua señala la presencia de una cantidad apreciable de sales minerales, compuestos orgánicos y otros materiales disueltos. Aunque este valor no parece tener un impacto sustancial en la calidad del agua, proporciona pistas sobre la composición del manantial.

En términos de salinidad, el valor de 0.226 PSU demuestra que el agua es considerablemente poco salina en relación con el agua de mar.

3.3.2.7. Estación de Muestreo 07

La Estación 07 se ubica al oeste de la desembocadura de la microcuenca, el manantial aflora en areniscas blancas de la Formación Farrat. Los pobladores locales utilizan el pozo para consumo humano, y agrícola entre los parámetros físicos tenemos que el agua es translúcida e inoloro, presentando también una turbidez de 10.69 NTU.

En la medición de los parámetros fisicoquímicos medimos que el pH es de 7.56, lo que sugiere una inclinación a la neutralidad. La conductividad registrada es de 324 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), un valor que apunta a una conductividad significativa. Este valor podría relacionarse con la presencia de sales disueltas, tales como iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro y sulfato. Esta condición de alta conductividad también podría señalar la existencia de contaminantes, no obstante, para propósitos agrícolas, es posible interpretarla como una señal de nutrientes beneficiosos.

El valor de Oxidación-Reducción Potencial (ORP) de 81.5 mV indica que el agua tiende a ser oxidante más que reductora. En otras palabras, muestra una inclinación a aceptar electrones y a participar en reacciones de oxidación. Este parámetro podría tener implicaciones en cuanto a la reacción del agua con diversos elementos en su entorno.

La medición de 159.3 ppm de sólidos totales disueltos en el agua señala la presencia de una cantidad apreciable de sales minerales, compuestos orgánicos y otros materiales disueltos. Aunque este valor no parece tener un impacto sustancial en la calidad del agua, proporciona pistas sobre la composición del manantial.

En términos de salinidad, el valor de 0.206 PSU demuestra que el agua es considerablemente poco salina en relación con el agua de mar.

FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL						
N° Ficha	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Responsable	
7		P07	03/11/2022	11:54	Bach. Edwin F. Villacorta	
Coordenadas UTM		Altitud	WGS 84 Zona	Localidad/lugar	Distrito	
795960	E 9196490	2790	17 S	-	Namora/Jesus	
Vertiente Hidrográfica	Oceano pacifico	Tipo de Fuente	Tipo de analisis	Parametros Fisicoquimicos		
Cuenca o Intercuenca	Río Crisnejas	Superficial <input type="checkbox"/>	Equipo	Multiparametro-ThermoOrion		
Subcuenca	Río Cajamarquino	Pozo <input type="checkbox"/>	Accesorios	Sondas de Ph-CE-TDS		
Microcuenca	Quebrada Rucre	Manantial <input checked="" type="checkbox"/>	Calibración	02/11/2022		
		Termal <input type="checkbox"/>	Otros			
Aspecto Geológico		Columna estratigráfica	Aspecto geomorfológico	Parámetros Físico-químicos		
Material predominante			Pendiente	T° fuent	22.5 °C	
Intrusivo <input type="checkbox"/> Descrp. Litológica Volcánico <input type="checkbox"/> Rocas sedimentarias, Metamf. <input type="checkbox"/> areniscas Sedim. <input checked="" type="checkbox"/> blancas de la Formación Dep. sup. <input type="checkbox"/> Farrat			Plan. 0-8 <input type="checkbox"/> Lad. 20-50 <input type="checkbox"/> Lom. 8-20 <input type="checkbox"/> Escrp >50 <input checked="" type="checkbox"/> Unidad geomorfológica	T° Ambt.	8.12 °C	
Grado de fracturamiento				pH	mV	
Bajo <input type="checkbox"/> Discontin Dip DD Med <input checked="" type="checkbox"/> E 15 358 Alto <input type="checkbox"/> F1 77 146 <input type="checkbox"/> F2 79 190 <input type="checkbox"/> F3				Eh	mV	
			Parámetros Físicos	ORP	81.5 mV	
			Caudal (l/s)	0.2	CE	324 µS/cm
			Turbid. (NTU)	10.69	TDS	159.3 ppm
			Color	translucido	Sal.	0.206 PSU
			Olor	inoloro	Res.	3.086 hm
			Uso	Agricola	RDO	mg/l
					OD	%Sat
Croquis de Ubicación		Corte geológico				
OBSERVACIONES						

Figura 36 Ficha de campo 07 para inventario de fuente de agua

3.3.2.8. Estación de Muestreo 08

La Estación 08 se ubica al este de la estación 07, en las cercanías de la desembocadura de la microcuenca, el manantial aflora en areniscas blancas de la Formación Farrat. Los pobladores locales utilizan el pozo para consumo humano, y agrícola entre los parámetros físicos tenemos que el agua es translúcida e inoloro, presentando también una turbidez de 3.08 NTU.

En la medición de los parámetros fisicoquímicos medimos que el pH es de 7.91, lo que sugiere indicaría ligeramente alcalina. La conductividad registrada es de 247.1 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), un valor que apunta a una conductividad significativa. Este valor podría relacionarse con la presencia de sales disueltas, tales como iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro y sulfato. Esta condición de alta conductividad también podría señalar la existencia de contaminantes, no obstante, para propósitos agrícolas, es posible interpretarla como una señal de nutrientes beneficiosos.

El valor de Oxidación-Reducción Potencial (ORP) de 103.7 mV indica que el agua tiende a ser oxidante más que reductora. En otras palabras, muestra una inclinación a aceptar electrones y a participar en reacciones de oxidación. Este parámetro podría tener implicaciones en cuanto a la reacción del agua con diversos elementos en su entorno.

La medición de 146.1 ppm de sólidos totales disueltos en el agua señala la presencia de una cantidad apreciable de sales minerales, compuestos orgánicos y otros materiales disueltos. Aunque este valor no parece tener un impacto sustancial en la calidad del agua, proporciona pistas sobre la composición del manantial.

En términos de salinidad, el valor de 0.193 PSU demuestra que el agua es considerablemente poco salina en relación con el agua de mar.

3.3.2.9. Estación de Muestreo 09

La Estación 09 se ubica en el inicio de la quebrada Rucre la cual aflora desde una roca carbonatada al este de la estación 08, aflora en calizas de la Formación Chulec. Los pobladores locales canalizan el agua para consumo humano, agrícola y ganadero. Entre los parámetros físicos tenemos que el agua es translúcida e inoloro, presentando también una turbidez de 4.02 NTU.

En la medición de los parámetros fisicoquímicos medimos que el pH es de 8.15, lo que sugiere indicaría ligeramente alcalina. La conductividad registrada es de 387.4 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), un valor que apunta a una conductividad significativa. Este valor podría relacionarse con la presencia de sales disueltas, tales como iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro y sulfato. Esta condición de alta conductividad también podría señalar la existencia de contaminantes, no obstante, para propósitos agrícolas, es posible interpretarla como una señal de nutrientes beneficiosos.

El valor de Oxidación-Reducción Potencial (ORP) de 95.3 mV indica que el agua tiende a ser oxidante más que reductora. En otras palabras, muestra una inclinación a aceptar electrones y a participar en reacciones de oxidación. Este parámetro podría tener implicaciones en cuanto a la reacción del agua con diversos elementos en su entorno.

La medición de 190.3 ppm de sólidos totales disueltos en el agua señala la presencia de una cantidad apreciable de sales minerales, compuestos orgánicos y otros materiales disueltos. Aunque este valor no parece tener un impacto sustancial en la calidad del agua, proporciona pistas sobre la composición del manantial.

En términos de salinidad, el valor de 0.235 PSU demuestra que el agua es considerablemente poco salina en relación con el agua de mar.

		FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL					
N° Ficha	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Responsable		
9		P09	03/11/2022	12:45	Bach. Edwin F. Villacorta		
Coordenadas UTM		Altitud	WGS 84 Zona	Localidad/lugar	Distrito		
795908	E 9196362	2765	17 S	-	Namora		
Vertiente Hidrográfica	Oceano pacífico	Tipo de Fuente	Tipo de analisis		Parametros Físicoquímicos		
Cuenca o Intercuenca	Río Crisnejas	Superficial <input type="checkbox"/>	Equipo		Multiparametro-ThermoOrion		
Subcuenca	Río Cajamarquino	Pozo <input type="checkbox"/>	Accesorios		Sondas de Ph-CE-TDS		
Microcuenca	Quebrada Rucre	Manantial <input checked="" type="checkbox"/>	Calibración		02/11/2022		
		Termal <input type="checkbox"/>	Otros				
Aspecto Geológico Material predominante Intrusivo <input type="checkbox"/> Descrp. Litológica Volcánico <input type="checkbox"/> Rocas sedimentarias Metamf. <input type="checkbox"/> carbonatadas de Sedim. <input checked="" type="checkbox"/> la Formación Chulec Dep. sup. <input type="checkbox"/>		Columna estratigráfica 		Aspecto geomorfológico Pendiente Plan. 0-8 <input type="checkbox"/> Lad. 20-50 <input type="checkbox"/> Lom. 8-20 <input type="checkbox"/> Escrip >50 <input checked="" type="checkbox"/> Unidad geomorfológica		Parámetros Físico-químicos T° fuent <input type="text"/> °C T° Ambt. <input type="text"/> °C pH <input type="text" value="8.59"/> pH <input type="text"/> Eh <input type="text" value="-168"/> mV ORP <input type="text" value="95.3"/> mV CE <input type="text" value="387.4"/> µS/cm TDS <input type="text" value="190.3"/> ppm Sal. <input type="text" value="0.235"/> PSU Res. <input type="text" value="2.581"/> hm RDO <input type="text"/> mg/l OD <input type="text"/> %Sat	
Grado de fracturamiento Bajo <input type="checkbox"/> Discontin Dip DD Med <input checked="" type="checkbox"/> E <input type="text" value="25"/> <input type="text" value="340"/> Alto <input type="checkbox"/> F1 <input type="text" value="60"/> <input type="text" value="141"/> <input type="checkbox"/> F2 <input type="text" value="75"/> <input type="text" value="180"/> <input type="checkbox"/> F3 <input type="text"/> <input type="text"/>		Parámetros Físicos Caudal (l/s) <input type="text"/> Turbid. (NTU) <input type="text" value="4.02"/> Color <input type="text"/> Olor <input type="text"/> Uso <input type="text"/>					
Croquis de Ubicación 		Corte geológico 					
OBSERVACIONES							

Figura 38 Ficha de campo 09 para inventario de fuente de agua

3.3.2.10. Estación de Muestreo 10

La Estación 10 se ubica al noreste de la laguna San Nicolas, se tomó la muestra desde un ingreso artificial hacia la laguna, estas aguas no tienen movimiento superficialmente y se puede observar que alrededor de la laguna está conformada por depósitos cuaternarios lacustres. Los pobladores locales utilizan el recurso hídrico para cultivo, turismo y en menor proporción para la acuicultura, entre los parámetros físicos tenemos que el agua es translúcida e inolora, presentando también una turbidez de 2.44 NTU, esta baja turbidez se debe a la presencia de plantas y algas.

En la medición de los parámetros fisicoquímicos medimos que el pH es de 7.88, lo que sugiere una ligera inclinación a la alcalinidad del agua. La conductividad registrada es de 553.3 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), un valor que apunta a una conductividad significativa. Este valor podría relacionarse con la presencia de sales disueltas, tales como iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro y sulfato. Esta condición de alta conductividad también podría señalar la existencia de contaminantes, no obstante, para propósitos agrícolas, es posible interpretarla como una señal de nutrientes beneficiosos.

El valor de Oxidación-Reducción Potencial (ORP) de 93.7 mV indica que el agua tiende a ser oxidante más que reductora. En otras palabras, muestra una inclinación a aceptar electrones y a participar en reacciones de oxidación. Este parámetro podría tener implicaciones en cuanto a la reacción del agua con diversos elementos en su entorno.

La medición de 271.6 ppm de sólidos totales disueltos en el agua señala la presencia de una cantidad apreciable de sales minerales, compuestos orgánicos y otros materiales disueltos. Aunque este valor no parece tener un impacto sustancial en la calidad del agua, proporciona pistas sobre la composición del manantial.

En términos de salinidad, el valor de 0.317 PSU demuestra que el agua es considerablemente poco salina en relación con el agua de mar

3.3.2.11. Estación de Muestreo 11

La Estación 11 se ubica al sur de la laguna San Nicolas, se tomó la muestra desde un ingreso artificial hacia la laguna, estas aguas no tienen movimiento superficialmente y se puede observar que alrededor de la laguna está conformada por depósitos cuaternarios lacustres. Los pobladores locales utilizan el recurso hídrico para cultivo, turismo y en menor proporción para la acuicultura, entre los parámetros físicos tenemos que el agua es translúcida e inolora, presentando también una turbidez de 3.89 NTU, esta baja turbidez se debe a la presencia de plantas y algas.

En la medición de los parámetros fisicoquímicos medimos que el pH es de 7.86, lo que sugiere una ligera inclinación a la alcalinidad del agua. La conductividad registrada es de 565.6 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), un valor que apunta a una conductividad significativa. Este valor podría relacionarse con la presencia de sales disueltas, tales como iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro y sulfato. Esta condición de alta conductividad también podría señalar la existencia de contaminantes, no obstante, para propósitos agrícolas, es posible interpretarla como una señal de nutrientes beneficiosos.

El valor de Oxidación-Reducción Potencial (ORP) de 89 mV indica que el agua tiende a ser oxidante más que reductora. En otras palabras, muestra una inclinación a aceptar electrones y a participar en reacciones de oxidación. Este parámetro podría tener implicaciones en cuanto a la reacción del agua con diversos elementos en su entorno.

La medición de 277.6 ppm de sólidos totales disueltos en el agua señala la presencia de una cantidad apreciable de sales minerales, compuestos orgánicos y otros materiales disueltos. Aunque este valor no parece tener un impacto sustancial en la calidad del agua, proporciona pistas sobre la composición del manantial.

En términos de salinidad, el valor de 0.322 PSU demuestra que el agua es considerablemente poco salina en relación con el agua de mar

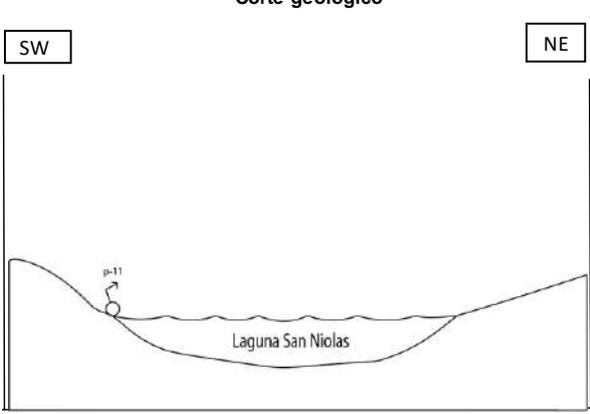
 FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL 					
N° Ficha	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Responsable
11		P11	03/11/2022	15:38	Bach. Edwin F. Villacorta
Coordenadas UTM		Altitud	WGS 84 Zona	Localidad/lugar	Distrito
793481	E 9194019	2812.5	17 S	Alisos	Jesus
Vertiente Hidrográfica	Oceano pacifico	Tipo de Fuente	Tipo de analisis	Parametros Fisicoquímicos	
Cuenca o Intercuenca	Río Crisnejas	Superficial <input checked="" type="checkbox"/>	Laguna	Multiparametro-ThermoOrion	
Subcuenca	Río Cajamarquino	Pozo <input type="checkbox"/>	N.P =	Sondas de Ph-CE-TDS	
Microcuenca	Quebrada Rucre	Manantial <input type="checkbox"/>		Calibración	
		Termal <input type="checkbox"/>		Otros	
Aspecto Geológico Material predominante Intrusivo <input type="checkbox"/> Descrp. Litológica Volcánico <input type="checkbox"/> Metamf. <input type="checkbox"/> Depósitos cuaternarios Sedim. <input type="checkbox"/> lacustrinos Dep. sup. <input checked="" type="checkbox"/>		Columna estratigráfica <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> Depósitos cuaternarios lacustrinos </div>		Aspecto geomorfológico Pendiente Plan. 0-8 <input checked="" type="checkbox"/> Lad. 20-50 <input type="checkbox"/> Lom. 8-20 <input type="checkbox"/> Escrp >50 <input type="checkbox"/> Unidad geomorfológica Laguna	
Grado de fracturamiento Bajo <input type="checkbox"/> Discontin Dip DD Med <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alto <input type="checkbox"/> F1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> F2 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> F3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		Parámetros Físicos Caudal (l/s) <input type="text"/> Turbid. (NTU) <input type="text" value="3.89"/> Color <input type="text" value="translucido"/> Olor <input type="text" value="inoloro"/> Uso <input type="text" value="Recreativo"/>		Parámetros Físico-químicos T° fuent <input type="text" value="21.2"/> °C T° Ambt. <input type="text"/> °C pH <input type="text" value="8.72"/> pH <input type="text"/> mV Eh <input type="text" value="-174"/> mV ORP <input type="text" value="89"/> mV CE <input type="text" value="565.6"/> µS/cm TDS <input type="text" value="277.6"/> ppm Sal. <input type="text" value="0.322"/> PSU Res. <input type="text" value="1.768"/> hm RDO <input type="text"/> mg/l OD <input type="text"/> %Sat	
Croquis de Ubicación 		Corte geológico 			
OBSERVACIONES					

Figura 40 Ficha de campo 11 para inventario de fuente de agua

3.3.2.12. Estación de Muestreo 12

La Estación 12 se ubica al sureste de la laguna San Nicolas, se tomó la muestra desde un ingreso natural hacia la laguna, estas aguas no tienen movimiento superficialmente y se puede observar que alrededor de la laguna está conformada por depósitos cuaternarios lacustres. Los pobladores locales utilizan el recurso hídrico para cultivo, turismo y en menor proporción para la acuicultura, entre los parámetros físicos tenemos que el agua es translúcida e inolora, presentando también una turbidez de 89.4 NTU, presenta una alta turbidez porque el ingreso está deforestado y hay bastante tierra suelta

En la medición de los parámetros fisicoquímicos medimos que el pH es de 7.75, lo que sugiere una ligera inclinación a la alcalinidad del agua. La conductividad registrada es de 528.1 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), un valor que apunta a una conductividad significativa. Este valor podría relacionarse con la presencia de sales disueltas, tales como iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro y sulfato. Esta condición de alta conductividad también podría señalar la existencia de contaminantes, no obstante, para propósitos agrícolas, es posible interpretarla como una señal de nutrientes beneficiosos.

El valor de Oxidación-Reducción Potencial (ORP) de 91 mV indica que el agua tiende a ser oxidante más que reductora. En otras palabras, muestra una inclinación a aceptar electrones y a participar en reacciones de oxidación. Este parámetro podría tener implicaciones en cuanto a la reacción del agua con diversos elementos en su entorno.

La medición de 259.2 ppm de sólidos totales disueltos en el agua señala la presencia de una cantidad apreciable de sales minerales, compuestos orgánicos y otros materiales disueltos. Aunque este valor no parece tener un impacto sustancial en la calidad del agua, proporciona pistas sobre la composición del manantial.

En términos de salinidad, el valor de 0.306 PSU demuestra que el agua es considerablemente poco salina en relación con el agua de mar

FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL																
N° Ficha	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Responsable											
11		P11	03/11/2022	15:38	Dra. Edwin r. Villacorta											
Coordenadas UTM		Altitud	WGS 84 Zona	Localidad/lugar	Distrito											
793481	E 9194019	2812.5	17 S	Alisos	Jesus											
Vertiente Hidrográfica	Oceano pacifico	Tipo de Fuente	Tipo de analisis	Parametros Fisicoquimicos												
Cuenca o Intercuenca	Río Crisnejas	Superficial <input checked="" type="checkbox"/>	Laguna	Multiparametro-ThermoOrion												
Subcuenca	Río Cajamarquino	Pozo <input type="checkbox"/>	N.P =	Sondas de Ph-CE-TDS												
Microcuenca	Quebrada Rucre	Manantial <input type="checkbox"/>		02/11/2022												
		Termal <input type="checkbox"/>														
Aspecto Geológico		Columna estratigráfica	Aspecto geomorfológico	Parámetros Físico-químicos												
Material predominante		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Depósitos cuaternarios lacustrinos</div> <table border="1" style="width:100%; height: 100px; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 33%; height: 20px;"></td><td style="width: 33%; height: 20px;"></td><td style="width: 33%; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td><td style="height: 20px;"></td><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td><td style="height: 20px;"></td><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td><td style="height: 20px;"></td><td style="height: 20px;"></td></tr> </table>													Pendiente	
Intrusivo <input type="checkbox"/> Descrp. Litológica		Plan. 0-8 <input checked="" type="checkbox"/> Lad. 20-50 <input type="checkbox"/>	T° fuent <input type="text" value="21.2"/> °C													
Volcánico <input type="checkbox"/>		Lom. 8-20 <input type="checkbox"/> Escrp >50 <input type="checkbox"/>	T° Ambt. <input type="text" value=""/> °C													
Metamf. <input type="checkbox"/> Depósitos cuaternarios lacustrinos		Unidad geomorfológica	pH <input type="text" value="8.72"/>													
Sedim. <input type="checkbox"/> lacustrinos		Laguna	pH <input type="text" value=""/> mV													
Dep. sup. <input checked="" type="checkbox"/>		Parámetros Físicos	Eh <input type="text" value="-174"/> mV													
Grado de fracturamiento		Caudal (l/s) <input type="text" value=""/>	ORP <input type="text" value="89"/> mV													
Bajo <input type="checkbox"/> Discontin Dip DD		Turbid. (NTU) <input type="text" value="3.89"/>	CE <input type="text" value="565.6"/> µS/cm													
Med <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> DD		Color <input type="text" value="translucido"/>	TDS <input type="text" value="277.6"/> ppm													
Alto <input type="checkbox"/> F1 <input type="checkbox"/> DD		Olor <input type="text" value="inoloro"/>	Sal. <input type="text" value="0.322"/> PSU													
<input type="checkbox"/> F2 <input type="checkbox"/> DD		Uso <input type="text" value="Recreativo"/>	Res. <input type="text" value="1.768"/> hm													
<input type="checkbox"/> F3 <input type="checkbox"/> DD			RDO <input type="text" value=""/> mg/l													
			OD <input type="text" value=""/> %Sat													
Croquis de Ubicación		Corte geológico														
OBSERVACIONES																

Figura 41 Ficha de campo 12 para inventario de fuente de agua

3.3.3. Control Geoestructural

El área de investigación está conformada por un sistema de fallas, incluyendo una falla inversa que pasa por toda la microcuenca. hacia el noroeste de la desembocadura, encontramos fallas de desplazamiento. Estas fallas, en conjunto, son relevantes para determinar la orientación del agua subterránea. Durante el análisis realizado en el complemento de Network, se generó una roseta de orientaciones. Observamos una orientación predominante de norte a sur, con una leve variación de entre 0 y 43 grados de azimut. También se identificaron otras orientaciones más notorias, de noreste a suroeste.

Estos resultados proporcionan información importante sobre la dirección del flujo de agua subterránea en la zona de estudio, lo que contribuirá a un mejor entendimiento del sistema hidrogeológico.

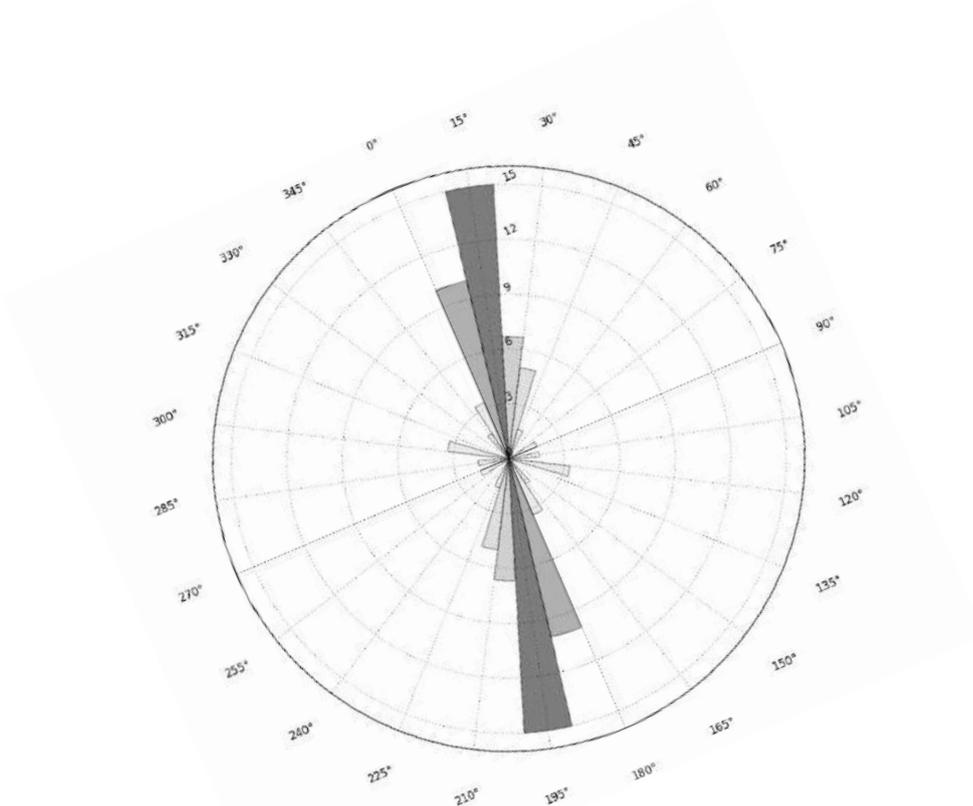


Figura 42 Diagrama de Roseta en función de la dirección de las fallas

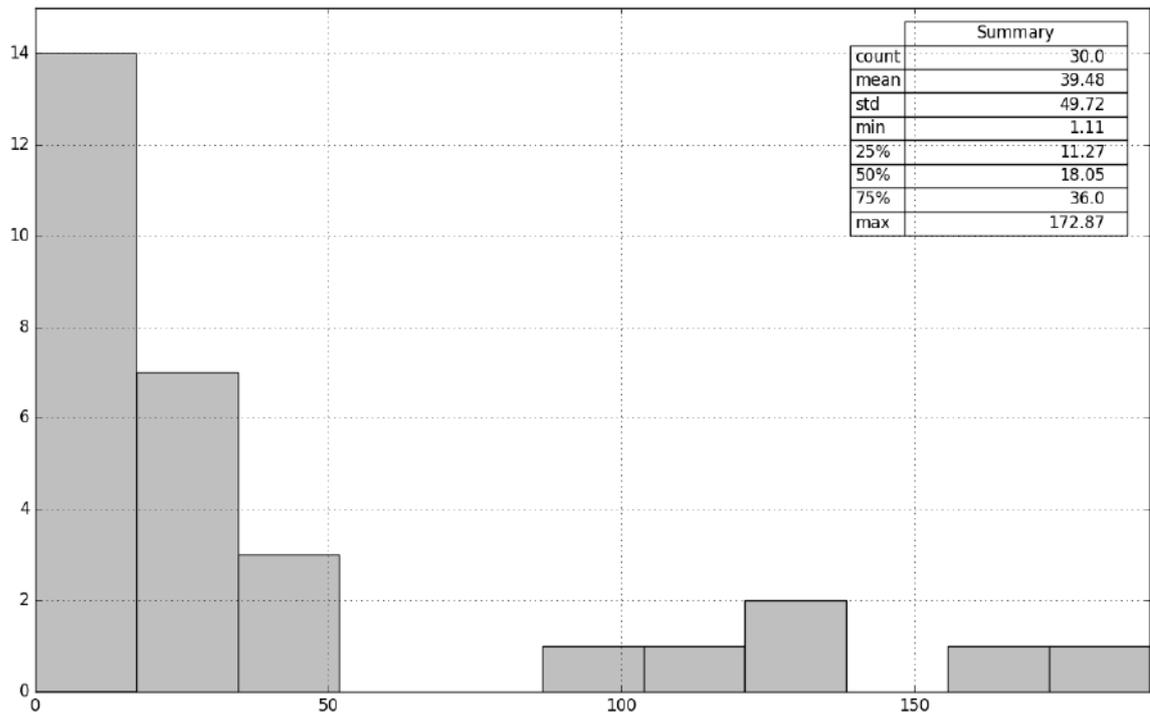


Figura 43 Histograma elaborado en función de las fallas en el eje y, la cantidad de fallas y en el eje x la orientación que poseen

Se consideró que estas fallas sirven como dren para la laguna san nicolas, ya que su disposición y abundancia e interaccion entre ellas controlan las propiedades mecánicas y de trasporte de agua, principalmente en temporada de lluvias esta no se inunda siendo dando a entender que es semipermeable. Al analizar las redes de fracturas mediante el plugin NetWork GT que a partir de redes bidimensionales cartografiadas de fracturas, lo que consiste en determinar nodos, líneas y ramas entre nodos, clasificandolos en aislados (I) y nodos de conexión (Y y X) y considerando el numero y proporción de diferentes tipos de nodos y ramas se pueden utilizar para calcular estadísticas que cuantifiquen y evaluaen la conectividad y aglomeración. (Ver plano 09)

En el plano de Topologico, las áreas resaltadas en rojo nos indican el grado de interconexión de las fracturas en dos dimensiones, lo cual podría extenderse también a profundidad. Además, se observa una orientación principal de noroeste a suroeste. Es notable que la zona donde se encuentra la laguna muestra una alta interconexión entre las fracturas. Estas propiedades se basan en cuadrículas de 100 x 100m y muestra circular de 250m.

3.3.4. Tipo de acuífero

3.3.4.1. Acuitardo Sedimentario

El acuitardo sedimentario está compuesto principalmente por rocas carbonatadas de la Formación Chulec, que forman un sinclinal con orientación noroeste-sureste y una tendencia a volcarse hacia el sureste. Este acuitardo ha dado lugar a la formación de la laguna San Nicolás. Además, existe una falla principal inversa con una orientación similar al pliegue. Al sur de la laguna, se encuentran un conjunto de fallas que permiten la permeabilización del acuífero, regulando así el volumen de agua de la laguna San Nicolás y evitando desbordamientos durante épocas de lluvia intensa.

Según Sanders, las rocas calizas no karstificadas presentan una porosidad primaria muy baja, con una porosidad eficaz que oscila entre el 0.1% y el 5%. Además, se observa una permeabilidad secundaria debido a las fallas que atraviesan este acuífero, junto con diaclasas algunas de las cuales están rellenas de calcita. Inicialmente, la permeabilidad, de acuerdo con Smith y Weathcraft, se encuentra en el rango de 0.0001 a 1 D. Sin embargo, estas fracturas y diaclasas actúan como conductos adicionales, aumentando significativamente la permeabilidad haciéndolo un acuitardo.

3.3.4.2. Acuífero Fisurado Sedimentario

El acuífero está compuesto principalmente por rocas porosas de la formación Farrat (areniscas cuarzosas de grano fino-medio), presentando desplazamientos secundarios con orientación norte-sur. Además, existe una falla inversa que atraviesa toda la microcuenca, lo que resulta en pendientes muy pronunciadas y una notable resistencia a la meteorización. Sin embargo, en los afloramientos del acuífero, se pueden observar varias familias de diaclasas que se cruzan en ángulos perpendiculares.

Las areniscas muestran una amplia variación en su porosidad eficaz, que va desde 0.5 hasta 10%, mientras que la permeabilidad varía entre 0.00001 y 1D. Además, debido a las fallas que atraviesan la formación, se forma una zona de acumulación de aguas en la microcuenca, lo que da lugar a afloramientos permanentes de agua.

3.3.4.3. Acuífero Poroso No Consolidado

Está formado por depósitos cuaternarios lacustres y aluviales que contienen abundante materia orgánica y clastos muy finos. Durante los periodos de crecida, estos depósitos funcionan como esponjas, saturándose y formando lagunas temporales que se secan durante la estación seca. Según Sanders (1998), la porosidad de estos depósitos varía entre 20% y 50% de la porosidad total, con una porosidad eficaz que oscila entre 10% y 28%, dependiendo del tipo de roca compuesta por arena, grava y limos. Por otro lado, según Smith y Weathcraft, la permeabilidad del acuífero se encuentra en el rango de 100 a 10,000, lo que lo hace altamente permeable y poroso.

Tabla 12 Tipos de los acuíferos de la Microcuenca Rucre

Tipo de acuífero	Tipo de roca	Porosidad en porcentaje (%)	Permeabilidad en Darcy (m²/s)
Acuitardo Sedimentario	Calizas	0.1 – 5 %	10 ⁻⁹ a 10 ⁻⁶
Acuífero Fisurado sedimentario	Areniscas	0.5 – 10 %	10 ⁻⁵ a 10 ⁻³
Acuífero poroso no consolidado	Depósitos cuaternarios	20 – 50 %	10 ⁻⁴ a 10 ⁻²

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS

Con ayuda de los softwares de información geográfica se pudo determinar los parámetros geomorfológicos de la unidad hidrográfica Rucre para este trabajo se usaron los siguientes parámetros:

Superficie de la microcuenca: 17.05224

Forma de la cuenca: microcuenca alargada

Perímetro: 22.64273

Índice de Gravelius: 1.54

Factor de forma: 0.1935

Altura media: 2893.86

Precipitación Transpuesta: 929.0613427 Mm/Año

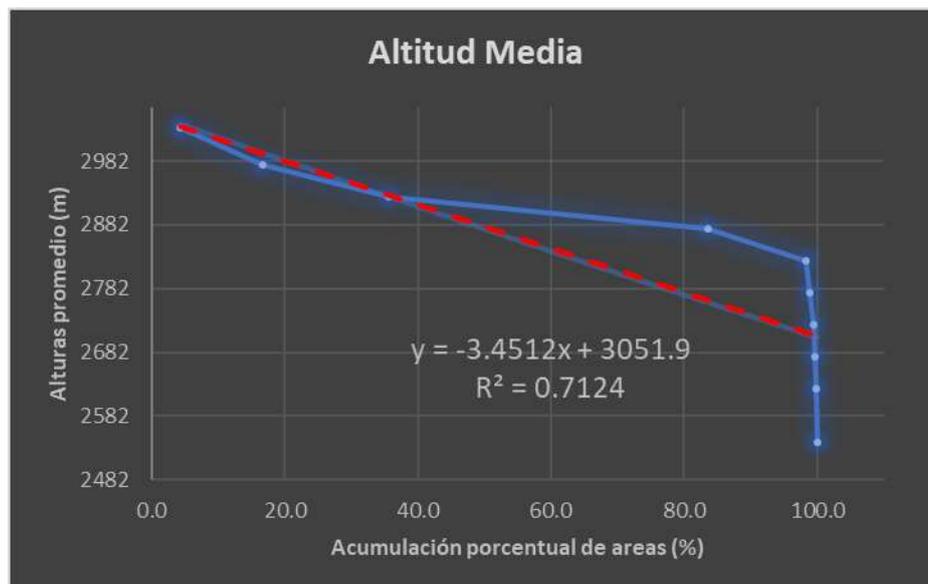


Figura 44 Curva hipsométrica para determinar la altitud media

4.2. PARÁMETROS FÍSICOS DE LAS ROCAS

En cuanto a los parámetros físicos de las rocas tenemos un resumen de la permeabilidad de las rocas las cuales muestran que en los depósitos cuaternarios hay una mejor permeabilidad en cambio en las rocas carbonatadas la permeabilidad es muy baja

Tabla 13 Parámetros de conductividad hidráulica de las rocas

Ensayo De Lefranc	Tipo de acuífero	Tipo de roca	Conductividad Hidráulica
EL-01	Acuífero poroso no consolidado	Calizas	0.0112
EL-02	Acuitardo Sedimentario	Areniscas	0.00007
EL-03	Acuífero Sedimentario Fisurado	Depósitos cuaternarios	0.00025

4.3. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE FUENTES DE AGUAS

En la medición de los parámetros físicoquímicos tenemos que el pH por encima de los límites permitidos para el consumo humano, esto se debe a la disolución de rocas carbonatadas de la dormición chulec, además presenta una conductividad que se relaciona con la presencia de sales disueltas como calcio, potasio sodio sulfato, sin embargo también podría señalar la presencia de contaminantes pero para el desarrollo de plantas es una señal de nutrientes beneficiosos. En cuanto al potencial de oxidación y reducción muestra una inclinación a aceptar electrones y a participar en reacciones de oxidación.

Tabla 14 Parámetros físicoquímicos de la Microcuenca Rucre

Ficha	Turbidez (NTU)	T C°	pH	ORP (mV)	CE (uS/cm - mS/cm)	TDS (mg/l- mS/cm)	Sal (PSU)	Res (ohm/c)
1	4.5	25	8.25	105	299.8	147.4	0.195	3.335
2	271	25	9.16	47.6	0.68	0.533	0.062	14.65
3	17.07	14.9	8.04	91.1	310.2	152.5	0.196	3.224
4	4.17	24	7.89	104.7	412.5	202.6	0.246	2.925
5	1.74	22.2	9.05	89.2	546.6	268.3	0.313	1.83
6	293	25	8.24	92.4	365.8	174.8	0.226	2.734
7	10.69	22.5	8.12	81.5	324	159.3	0.206	3.086
8	3.08	24.07	8.82	108.7	247.1	146.1	0.193	3.366
9	4.02	21	8.59	95.3	387.4	140.3	0.235	2.581
10	2.44	21.2	8.76	93.7	553.3	271.6	0.317	1.807
11	3.89	21.2	8.72	89	565.6	277.6	0.322	1.768
12	89.4	22.7	8.5	91	528	259.2	0.306	1.894

Para la comprobación de estos resultados se tomó una muestra y se llevó al laboratorio de la Escuela de Ingeniería Geológica donde se analizó el parámetro de pH en un equipo previamente calibrado también de la marca ThermoOrion, este equipo se calibro ante de usarlo con sustancias Buffer de pH 4, 7 y 10. Luego se pasó a analizar una muestra de la Estación n°11.

Dicha calibración se realiza introduciendo la sonda de pH y temperatura en las sustancias buffer y el equipo empieza a analizarlo y a calibrarse, mientras llenamos las mediciones en una ficha de calibración elaborado por el encargado de los laboratorios y una copia se encuentra como anexo.



Figura 45 Soluciones Buffer para la calibración del multiparametro



Figura 46 Calibración con la solución buffer de pH 7

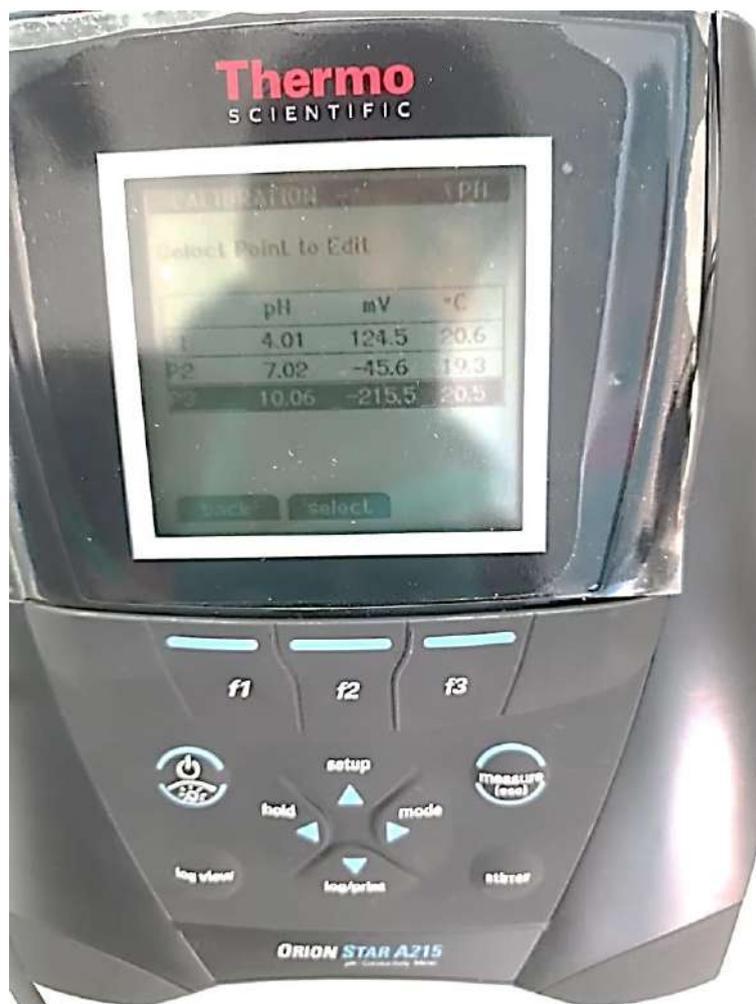


Figura 47 Registro de calibración del multiparámetro

En cuanto a la obtención de la muestra de agua para comprobar los datos, se tomó la muestra en la estación ubicada en las coordenadas E: 793481 N: 9194019, a las 16.42 pm del día miércoles 31 de enero del 2024, se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 15 Comprobación de datos

N° estación	Medición del pH
11	8.72
Muestra de comprobación	8.57



Figura 48 Obtención de la muestra de comprobación (E:793481, N: 9194019)



Figura 49 Medición del pH de la muestra de comprobación



Figura 50 Resultado de la muestra de comprobación

4.4. PARÁMETRO GEOESTRUCTURALES

El control estructural desempeñan un papel crucial como vías de drenaje para la Laguna San Nicolás. La disposición y abundancia de estas fallas, así como sus interacciones mutuas, ejercen un control significativo sobre las propiedades mecánicas y de transporte del agua. Esto es especialmente evidente durante la temporada de lluvias, donde la laguna no experimenta inundaciones, sugiriendo así su naturaleza semipermeable.

Para analizar las redes de fracturas, se creó una roseta en la cual evidencia que las fallas tienen una orientación que varía entre 0 a 48°, relativamente de norte a sur, atravesada por una falla inversa casi perpendicular a todas ellas que va de este a oeste y en la quebrada rucre se pudo identificar dos fallas inversas más.

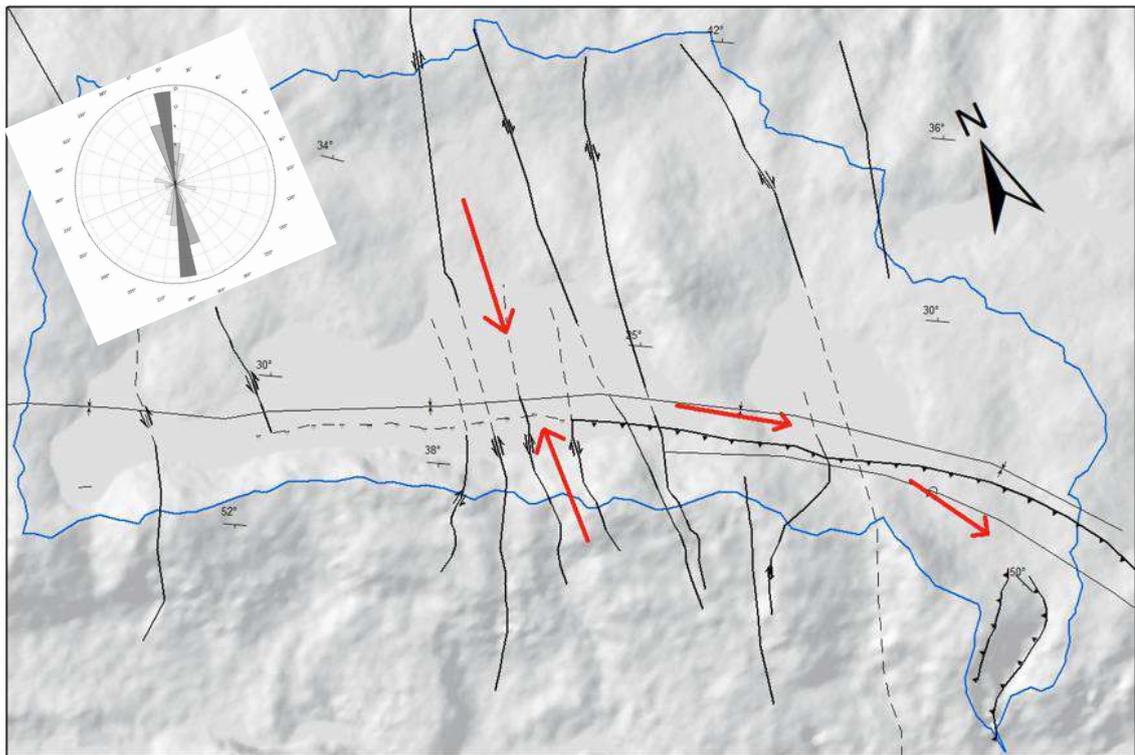


Figura 51 Interacción y orientación de fallas

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La hidrogeología de la microcuenca Rucre está determinada principalmente por una masa de agua endorreica, (laguna San Nicolás), y logra drenar por una red de fallas y fracturas que están conectadas permitiendo así tener un desfogue por la quebrada Rucre.

Con ortofotos, un modelo digital de elevación y salidas de campo se cartografió las unidades litológicas de La Formación Inca, Farrat y Chulec. Las cuales están influenciadas por fallas normales, inversas, y de rumbo. Al identificar las formaciones geológicas se pudo determinar las formaciones hidrogeológicas las cuales presentan un acuitardo sedimentario (conformado por la Formación Chulec), un acuífero sedimentario fracturado (Conformado por la Formación Inca y Farrat), y un acuífero poroso no consolidado (conformado por los depósitos cuaternarios).

Los parámetros fisicoquímicos, el pH varia ligeramente de los análisis en la parte alta de la microcuenca, a la desembocadura, teniendo entre 7.89 a 8.82 respectivamente, debiéndose a las rocas carbonatadas, la conductividad es mayor en la laguna infiriendo que hay mayor concentración de iones por la actividad humana, el parámetro de TDS (total de solidos disueltos), la salinidad es menor en la parte alta de la microcuenca y en cuanto a la turbidez, en la laguna se puede notar que es muy baja debido a la presencia de algas.

El comportamiento de las aguas subterráneas va en una primera instancia de Norte a sur, luego gira teniendo una tendencia ligeramente de Noroeste a sureste iniciando el contacto del acuífero fisurado sedimentario y el acuitardo, pasando por la quebrada Rucre y finalmente desembocando en el río Cajamarquino.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los futuros investigadores realizar trabajos de geofísica para determinar la profundidad de las aguas subterráneas.

Realizar análisis geoquímicos de metales totales, metales disueltos, iones y cationes de los manantiales y en la laguna para determinar la calidad de aguas subterráneas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Giai, S. (2008). Introducción a la Hidrología. Santa Rosa - La Pampa: EdUNLPam.
- Collazo M. , & Montañó J. (2012). Manual de Agua Subterránea. Montevideo, Uruguay: Denad Internacional S.A.
- Dávila J. (2010). Diccionario geológico. Lima: República del Perú, Sector Energía y Minas.
- Domenico P., & Schwartz F. (1998). Physical and chemical hydrogeology. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Fetter, C. (2001). Applied. New Jersey: Prentice Hall.
- Freeze R. , & Cherry, J. (1979). GroundWater. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Hernández R. (2014). Metodología de la Investigación. Ciudad De México: Interamericana Editores, S.A de C.V.
- Huerta, A., Aybar, C., & Lavado, W. (2019). Construction of a high-resolution gridded rainfall dataset for Peru from 1981 to the present day. Hydrological Sciences Journal, <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1649411>.
- Lagos A., & Quispe Z. (2007). Estudio Sedimentológico Y Estratigrafico De La Formacion Inca- Baños Del Inca Y Alrededores De La Cuenca De Cajamarca. Cajamarca : Sociedad geológica del Perú.
- Martínez P., Martínez P., & Castaño S. (2006). Fundamentos de Hidrogeología. Madrid: Ediciones Multi Prensa.
- Merino Y. (2017). Hidrogeología de la Microcuenca del Río Chonta, en el distrito de Baños del Inca. Cajamarca: Universidad nacional de Cajamarca.
- Moreno J., Pari W., Fiestas A., Dueñas K., & Condori E. (2021). Estudio Hidrogeológico de las Lagunas: La Milagrosa, La Mellicera y La Encantada de las Salinas de Chilca. Lima: INGEMMET.

- Pérez D. (2021). Evolución Espacial Hidogeoquímica de la Microcuenca Paigual, Suncuenca Asunción - Cajamarca. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Portuguez H. (2015). Memoria descriptiva, Mapa nacional de Covertura vegetal . Lima: TIPSAL S. A. C.
- Rodríguez, R., & Huamán, F. (2016). Clasificación de Cuencas, Subcuencas y Microcuencas según sus Parámetros Geomorfológicos en la Región Cajamarca. Cajamarca: FEDU-UNC.
- Sanders L. (1998). A manual of Field Hydrogeology. Prentice-Hall, 381 pp.
- Smith L., & Weathcraft J. (1993). Groundwater Flow. In: Maidment, D. R. Handbook of Hydrology. New York: McGraw Hill.
- TUNZA. (2010). Agua: ¿Pero a qué precio? La revista del PNUMA para los jóvenes, por los jóvenes, sobre los jóvenes, Issue 3, 1-24.
- Vázquez B., Ortega J., Marin E. , Cerrato D., & Sánchez J. (2008). Estudio Hidrogeológico de la Laguna De Apoyo (Nicaragua) y Propuestas para su Gestión. Nicaragua: Boletín Geológico Minero, 119 (1):137-148.
- Werner J. (1996). Introducción a la Hidrogeología. Linares, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.

ANEXOS

Estaciones metereológicas

Tabla 16 Precipitación Mensual Estación Augusto Weberbauer

Estación	Augusto Weberbauer												Departamento	Cajamarca
Norte	9206975												Provincia	Cajamarca
Este	776873												Distrito	Cajamarca
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Precip. Acumulada	
2006	83.2	101.6	199.3	77.6	7.7	23.9	1.8	6.1	33.6	12.7	60.4	81.7	689.6	
2007	95.4	17.5	182.4	111.5	29	1.4	10.7	6.4	11.6	117.2	97.6	68.8	749.5	
2008	80.2	133.3	118.4	99.1	22.7	15.4	2.3	11.7	34.7	96.5	72.2	24.4	710.9	
2009	180.7	74.6	110.5	78.8	42.2	17.9	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2	794.8	
2010	49.5	112.9	154	88.4	31.6	8.6	2.6	1.3	28.9	43.4	52.5	70.8	644.5	
2011	76.6	73.3	125.2	102	16.7	0.4	8.3	0	47.1	31.5	24.4	109.7	615.2	
2012	154.2	134.7	126.4	72.8	51.5	0.2	0	2.5	19.1	83.2	120.3	58.3	823.2	
2013	61.5	98	213.3	73.8	85.6	7.5	5.7	21.5	3.7	205.8	20.4	161	957.8	
2014	75.7	68	134.2	78.8	26.9	5	2	3.9	27.7	26.5	45.7	114.9	609.3	
2015	184.7	55.4	202.2	63	75.8	3	4.4	0.1	27.8	16.8	99.6	39.5	772.3	
Prom.	104.17	86.93	156.59	84.58	38.97	8.33	5.01	5.74	24.6	71.21	70.25	80.33	736.71	

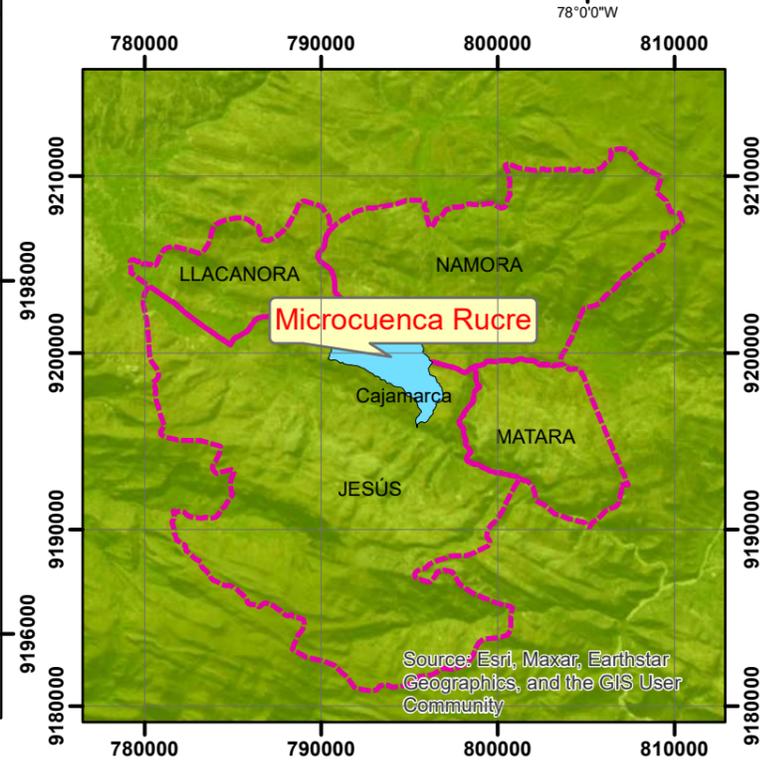
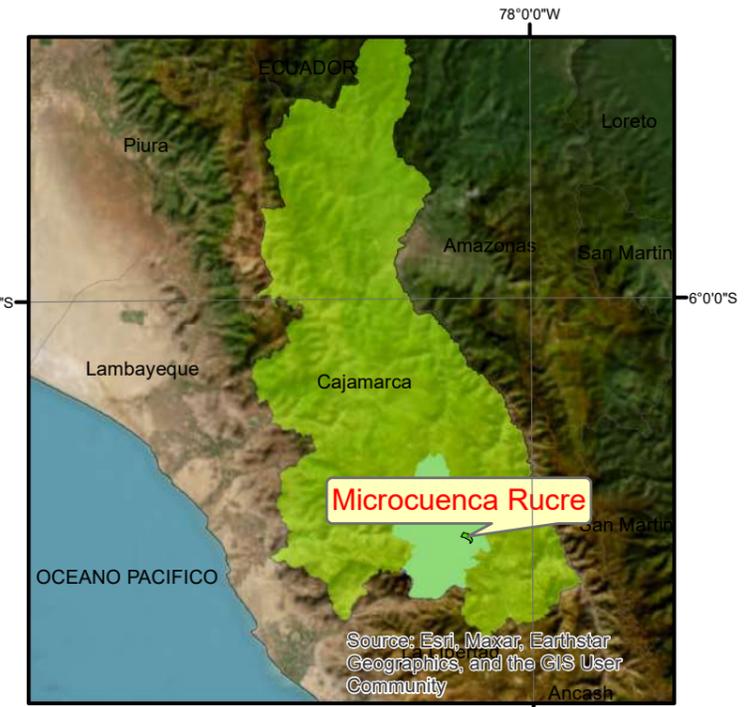
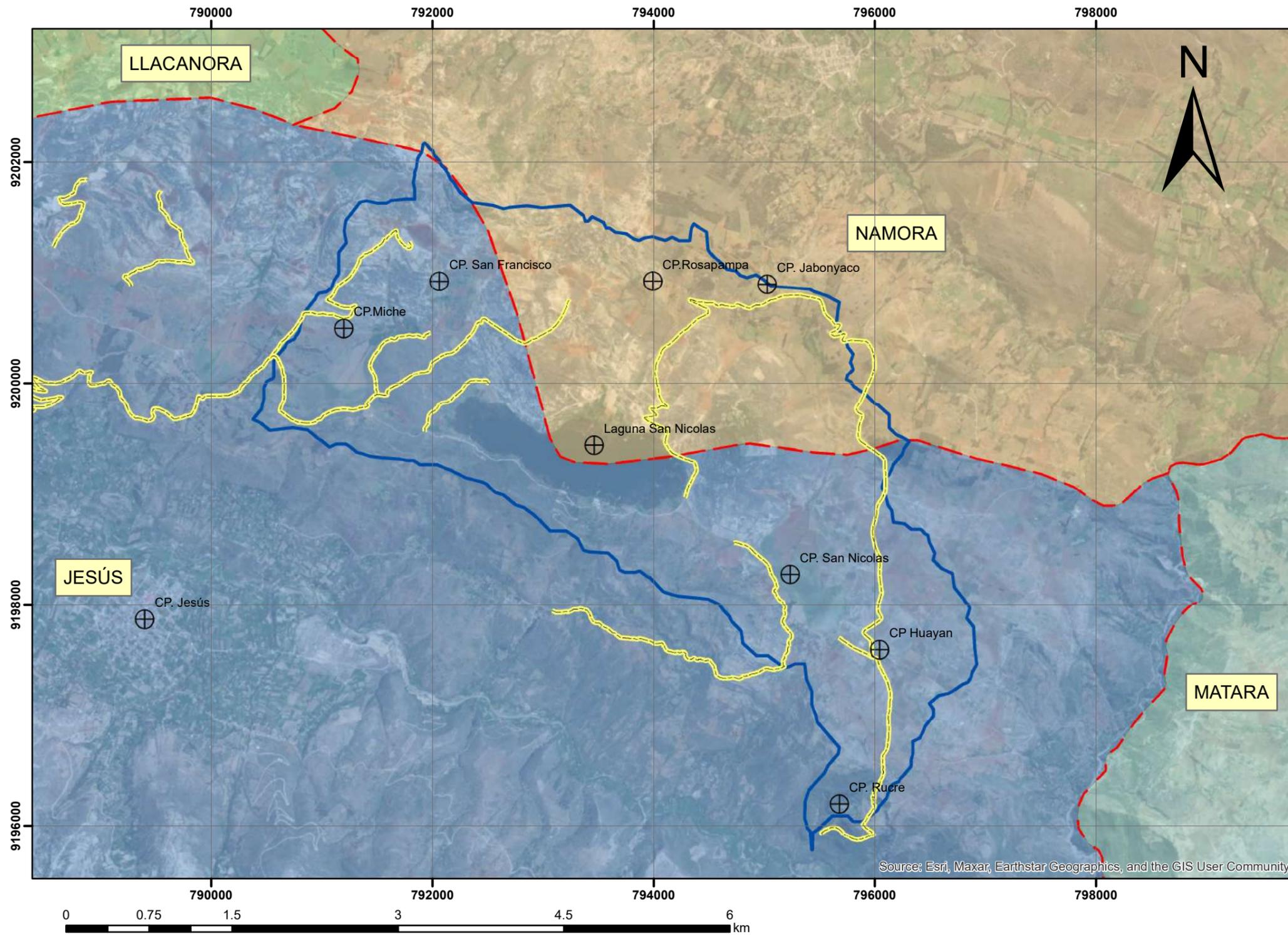
Tabla 17 Precipitación Mensual Estación La Encañada

Estación	La Encañada				Departamento			Cajamarca					
Norte	9212281				Provincia			Cajamarca					
Este	795823				Distrito			La Encañada					
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Precip. Acumulada
2006	74.6	134.7	292.1	124.5	14.8	41.8	11.4	4.9	65.4	61.2	106.9	91.7	1024
2007	93.1	44.8	259.4	140.5	70.9	0	9.4	5.3	26.4	133.1	127.5	92.9	1003.3
2008	104.1	149	175.9	151.5	44	15.2	9.2	22.6	53.7	140.9	119.7	37.7	1023.5
2009	222.7	70.9	215.2	122.8	75.2	9.3	12.5	10.5	6.8	90	115.3	66.6	1017.8
2010	70	94.8	184.3	123	39.8	11.8	7.7	0	35.7	100	98.9	94	860
2011	66.4	96.8	153.6	139.6	32.9	0.4	13.1	0	51.2	52.1	93.8	149.5	849.4
2012	166.1	101.5	108	108.3	59.7	10.6	0	7.7	1.5	169.6	152.8	56	941.8
2013	72.7	96.9	181.5	39.4	115.4	11.2	3.6	19.1	0	157	39.5	106.9	843.2
2014	90.3	138.9	175.4	95.3	79.8	0	0.3	0.6	44.1	91.9	100.1	135.9	952.6
2015	188.3	71.4	260.7	70.4	104.1	3.3	5.3	0	3	27.8	170.5	23.2	928
Prom.	114.83	99.97	200.6 1	111.53	63.66	10.36	7.25	7.07	28.78	102.36	112.5	85.44	944.36

Tabla 18 Precipitación Mensual Estación Namora

Estación	Namora		Departamento		Cajamarca								
Norte	9202916		Provincia		Cajamarca								
Este	793896		Distrito		Namora								
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Precip. Acumulada
2006	91.6	92.1	253.6	93.1	8	40.7	2.9	11.5	47.9	53.4	80.4	124.2	899.4
2007	188.1	34.2	246.5	127	50.4	0	6.4	6.9	22.2	142.4	153.3	101.8	1079.2
2008	124.5	176	151.9	104.2	32.3	31.1	1.9	9.5	52.3	141.3	83	38.4	946.4
2009	249.5	117	192.8	127.9	59.5	17.9	6.9	7.8	10.8	116.2	121.5	133.8	1161.6
2010	68.6	116.7	175.5	68.9	24.2	20.2	9.9	0	30.2	49.1	86.8	122.4	772.5
2011	122.3	108.9	150.5	171.4	4.6	0.3	10.4	1.3	33.8	27.8	59	146.2	836.5
2012	222.7	127.7	118.7	90.9	34.3	7.7	0	5	4.6	149.3	109	50.8	920.7
2013	61.3	106.9	280.5	89	88.2	0.4	0.7	19.9	1.9	91.4	23.2	147.8	911.2
2014	98.3	114.2	176.6	63.3	89.2	1.3	4.3	0	22.9	49.7	76.8	153.8	850.4
2015	223.3	92.3	239.7	70.7	141.7	0.2	3.5	0.2	2.5	23.3	124	60.5	981.9
Prom.	145.02	108.6	198.63	100.64	53.24	11.98	4.69	6.21	22.91	84.39	91.7	107.97	935.98

MAPA DE UBICACIÓN POLÍTICA



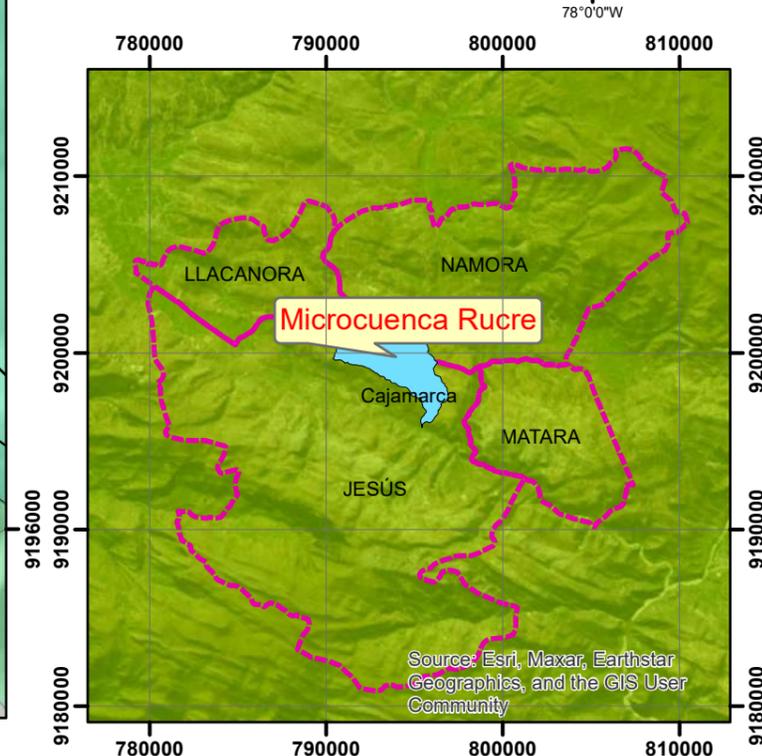
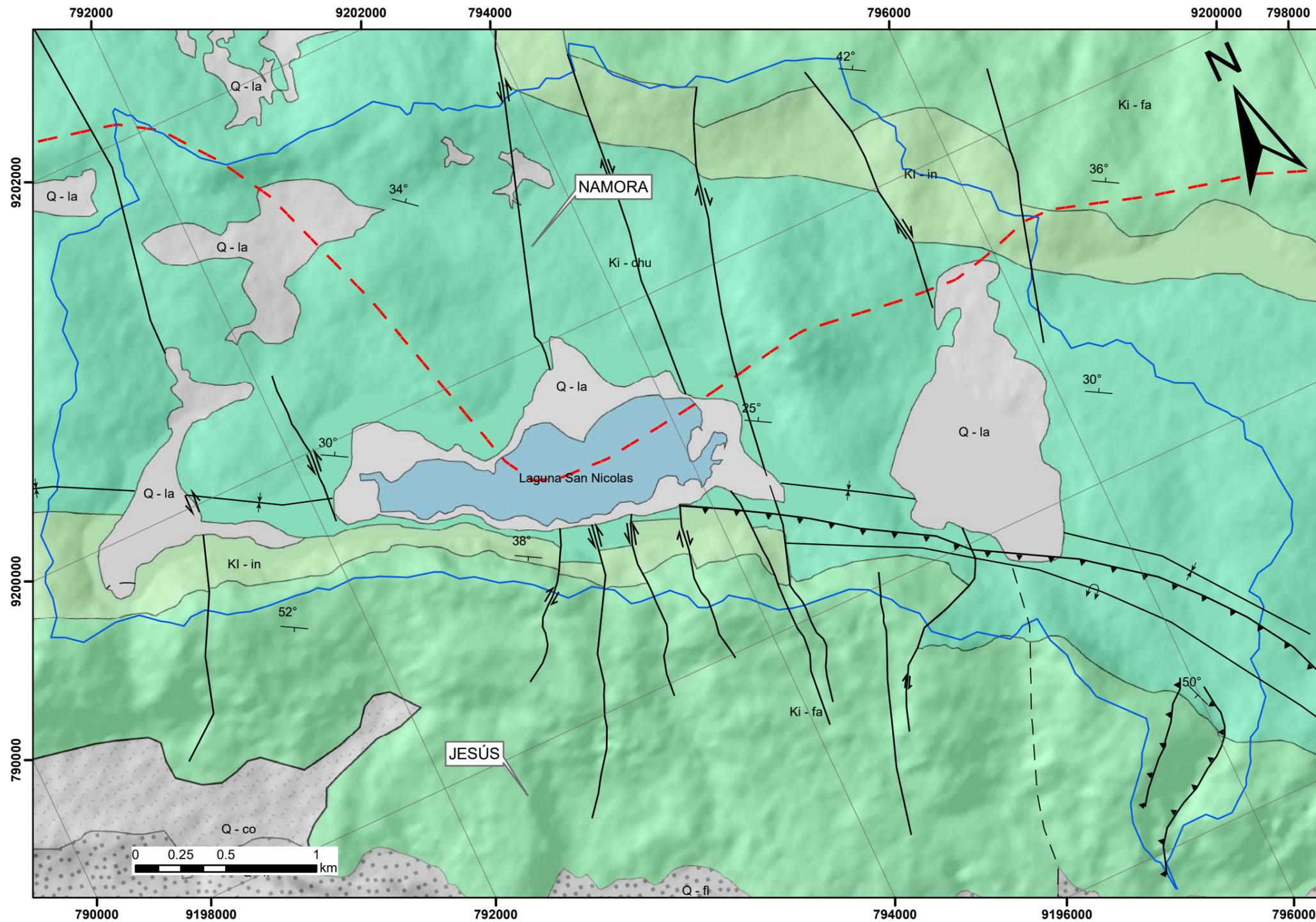
Simbología

- Centros Poblados
- Accesos
- Microcuenca Rucre
- Limites administrativos
- JESÚS
- LLACANORA
- MATARA
- NAMORA

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 Units: Meter

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		01
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
	CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA QUEBRADA RUCRE UBICADA EN EL DISTRITO DE JESÚS Y NAMORA - CAJAMARCA		
MAPA DE UBICACIÓN POLÍTICA			N° de Mapa
Tesista:	Bach. Villacorta Solano Edwin Frank	Escala:	1/40 000
Asesor:	Dr. Ing. Quispe Mamani Crispín Zenón	Fecha:	Agosto 2023

MAPA GEOLÓGICO



LEYENDA

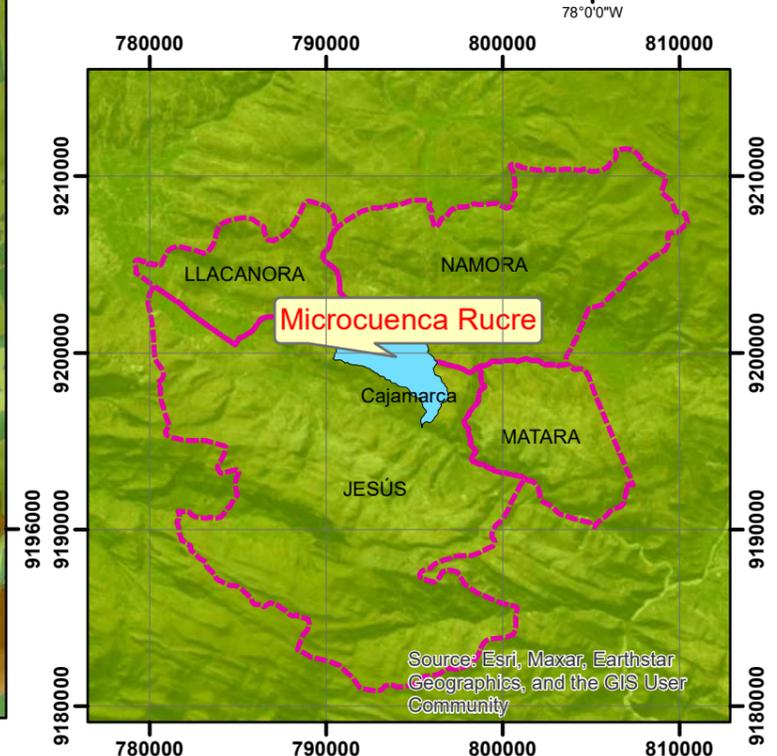
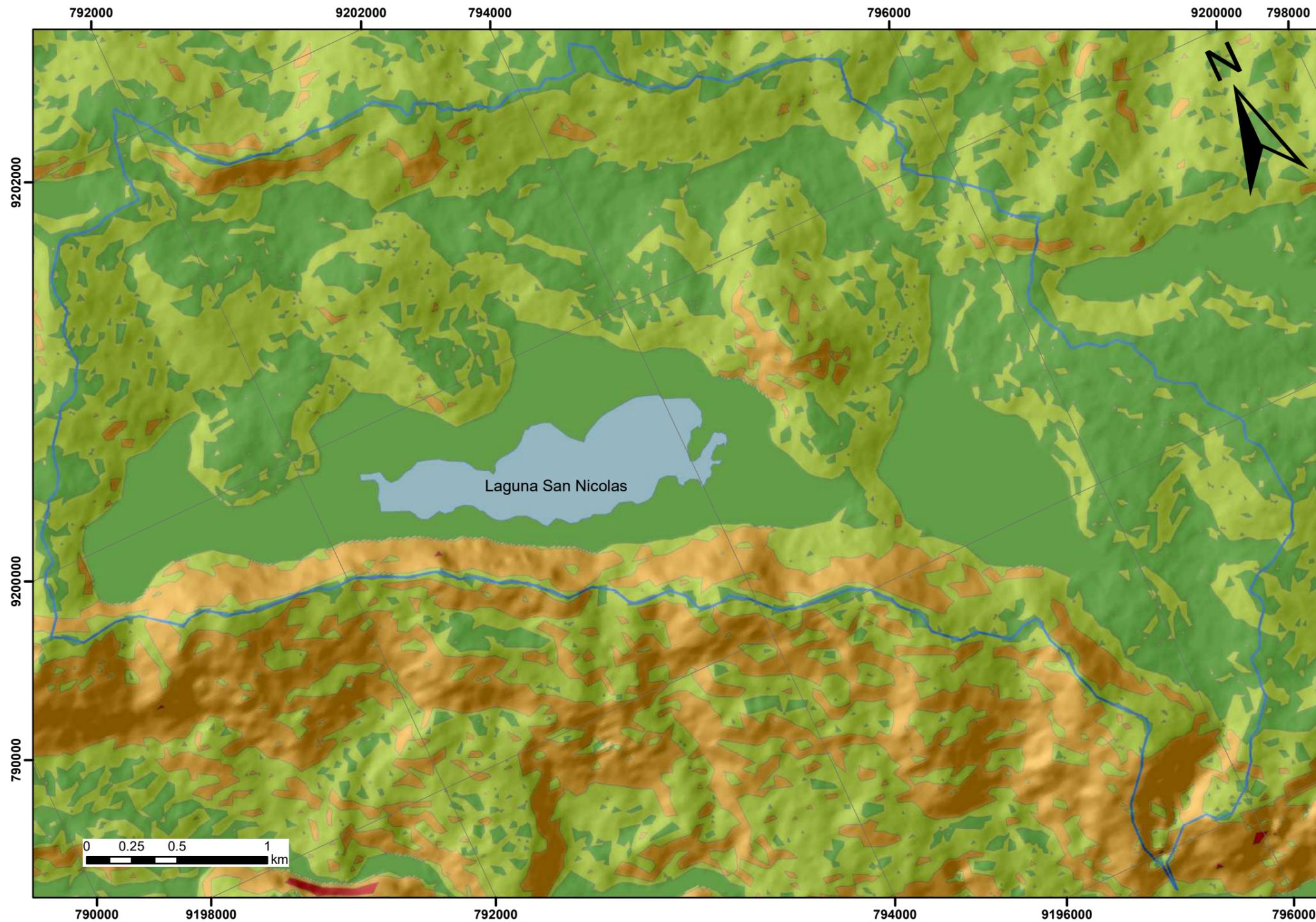
- | | | | |
|---|---|--|--|
| <p>Litología</p> <ul style="list-style-type: none"> Depósitos Coluviales Depósitos Aluviales Depósitos lacustres Depósitos Fluviales Formación Chulec Formación Inca Formación Farrat Laguna San Nicolas | <p>Plegamientos</p> <ul style="list-style-type: none"> Anticlinal volcado Eje de sinclinal | <p>Fallas</p> <ul style="list-style-type: none"> Falla de rumbo dextral Falla de rumbo sinistral Falla inferida Falla inversa Falla normal Falla inversa inferida | <p>Simbología</p> <ul style="list-style-type: none"> Rumbos y Buzamientos Microcuenca Rucre Limites administrativos |
|---|---|--|--|

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 Units: Meter



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		N° de Mapa
FACULTAD DE INGENIERÍA		
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		02
CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA QUEBRADA RUCRE UBICADA EN EL DISTRITO DE JESÚS Y NAMORA - CAJAMARCA		
MAPA GEOLÓGICO		
Tesista: Bach. Villacorta Solano Edwin Frank	Escala: 1/25 000	
Asesor: Dr. Ing. Quispe Mamani Crispín Zenón	Fecha: Agosto 2023	

MAPA GEOMORFOLÓGICO



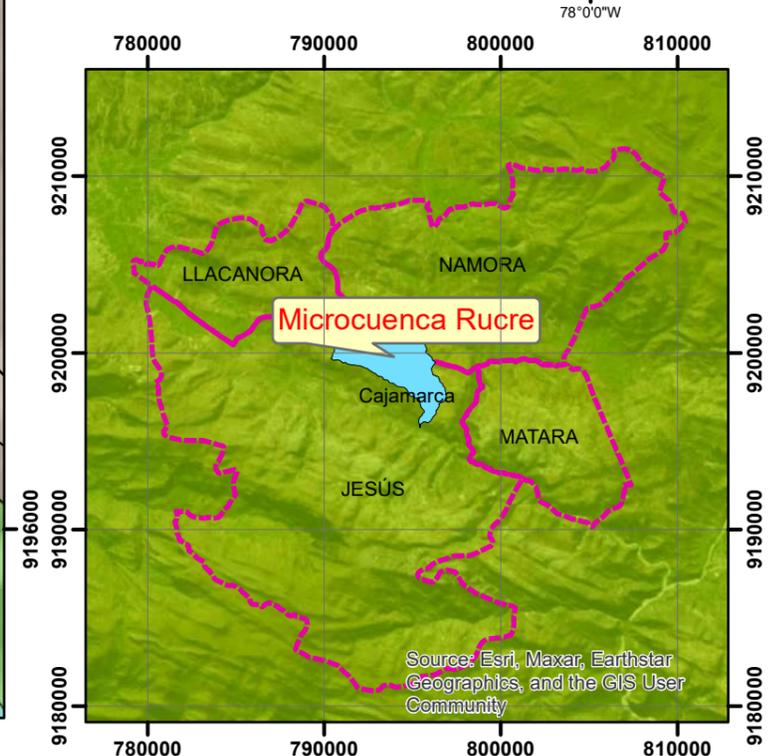
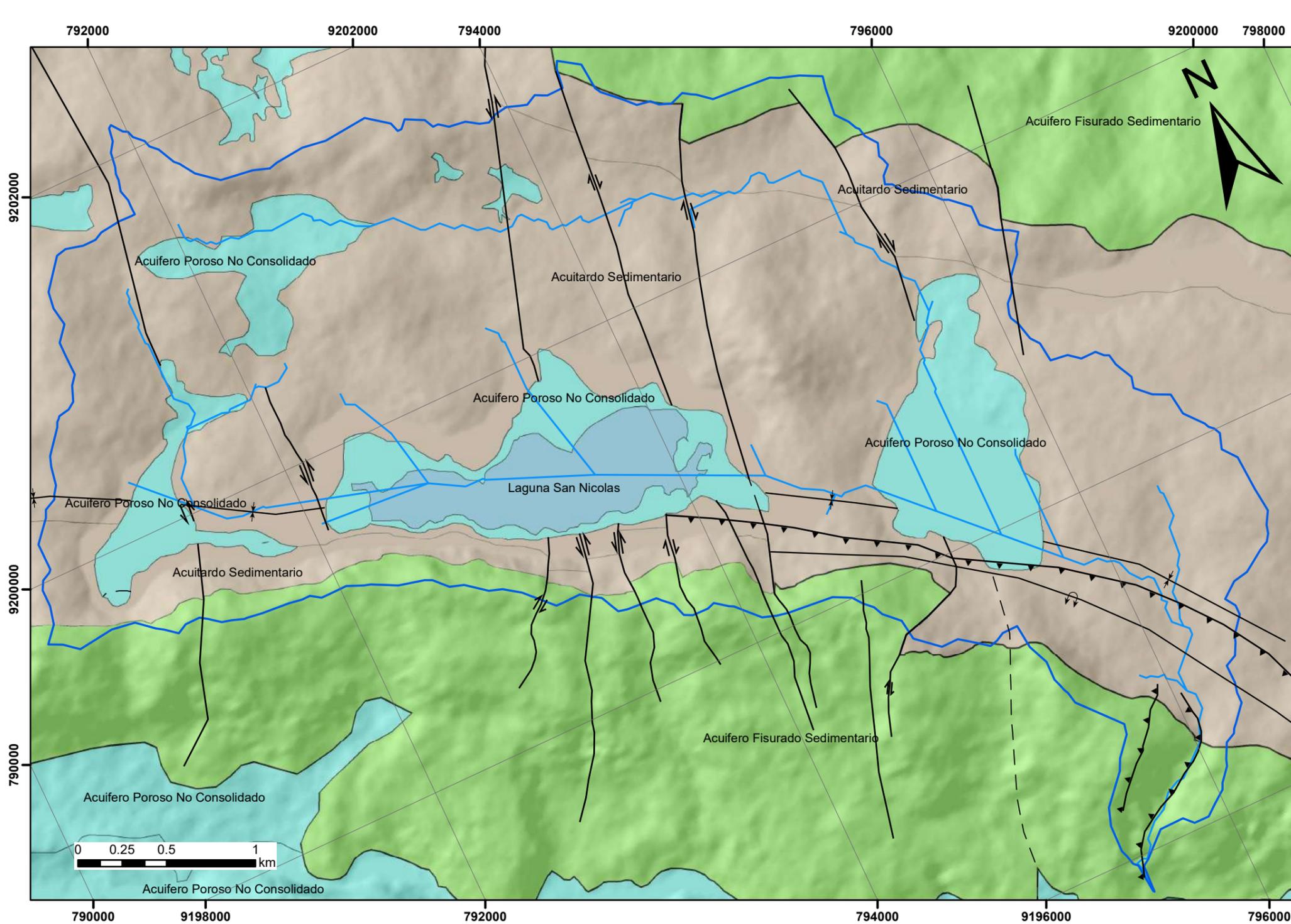
LEYENDA

- | | | |
|---|---------------------------------|---|
|  | Divortium Aquarium Cuenca Rucre | Unidades Morfológicas |
|  | Laguna San Nicolas |  Planicie 0 -8 |
| | |  Lomada 8 -20 |
| | |  Ladera 20 -50 |
| | |  Escarpe >50 |

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 Units: Meter

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Academico Profesional de Ingeniería Geológica	
	CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA QUEBRADA RUCRE UBICADA EN EL DISTRITO DE JESÚS Y NAMORA - CAJAMARCA	
	MAPA GEOMORFOLÓGICO	
	Tesista: Bach. Villacorta Solano Edwin Frank Asesor: Dr. Ing. Quispe Mamani Crispín Zenón	Escala: 1/25 000 Fecha: Agosto 2023
		N° de Mapa <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">03</div>

MAPA HIDROGEOLÓGICO



LEYENDA

Unidades Hidrogeológicas

- AFS - Acuífero Fisurado Sedimentario
- APNC - Acuífero Poroso No consolidado
- ATS Acuitardo Sedimentario
- Laguna San Nicolas

Plegamientos

- Anticlinal volcado
- Eje de sinclinal

Fallas

- Falla de rumbo dextral
- Falla de rumbo sinistral
- Falla inferida
- Falla inversa
- Falla normal
- Falla inversa inferida

Simbología

- Microcuenca Rucre
- Drenaje

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 Units: Meter



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA QUEBRADA RUCRE UBICADA EN EL DISTRITO DE JESÚS Y NAMORA - CAJAMARCA

MAPA HIDROGEOLÓGICO

Tesista: Bach. Villacorta Solano Edwin Frank

Escala: 1/25 000

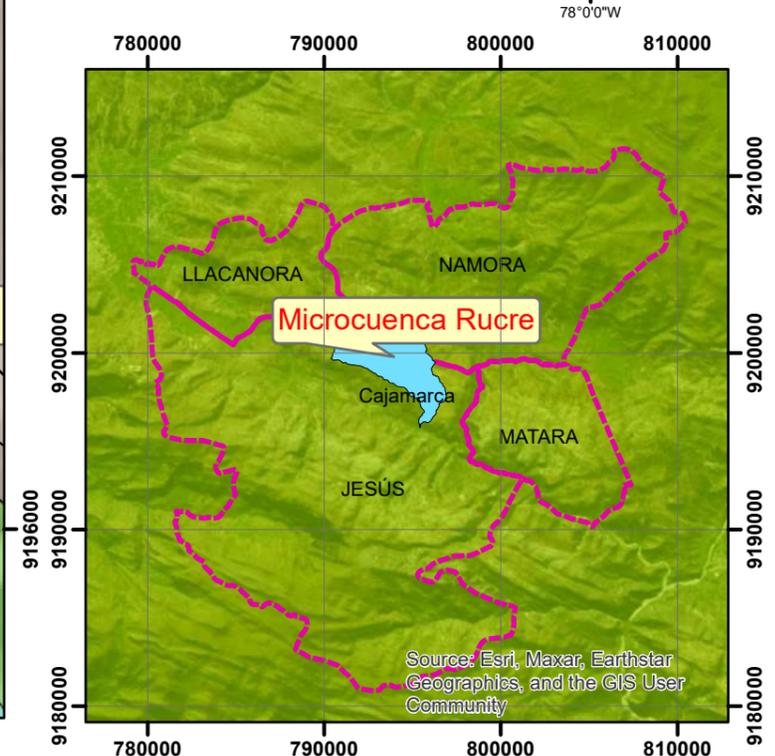
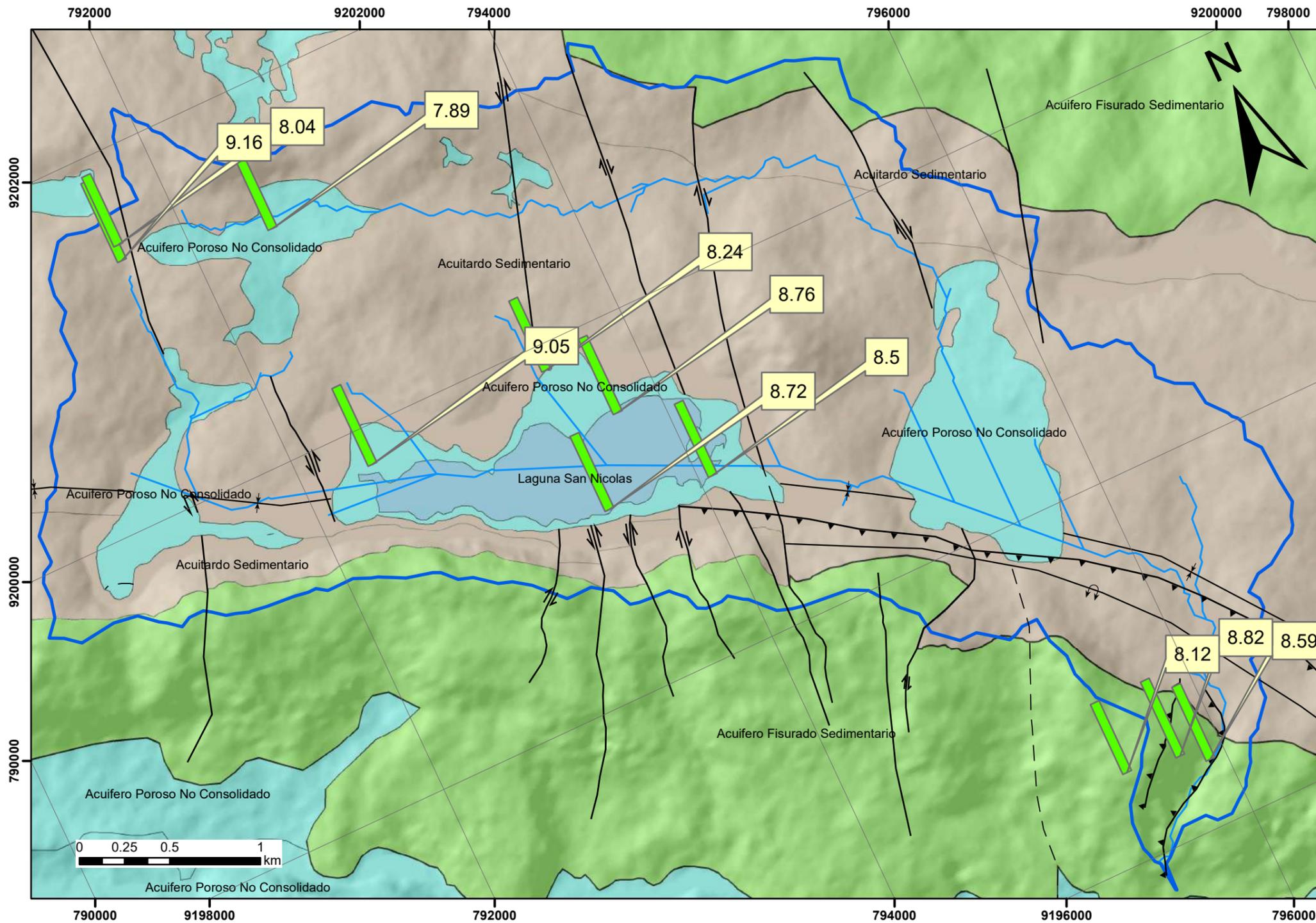
Asesor: Dr. Ing. Quispe Mamani Crispín Zenón

Fecha: Agosto 2023

N° de Mapa

04

MAPA DE PARAMETROS FISICOQUÍMICOS - pH



Unidades Hidrogeológicas

- AFS - Acuífero Fisurado Sedimentario
- APNC - Acuífero Poroso No consolidado
- ATS Acuitardo Sedimentario
- Laguna San Nicolas

Plegamientos

- Anticlinal volcado
- Eje de sinclinal

Fallas

- Falla de rumbo dextral
- Falla de rumbo sinistral
- Falla inferida
- Falla inversa
- Falla normal
- Falla inversa inferida

Simbología

- Estaciones de medición
- pH
- Drenaje
- Cuenca Rucre

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 Units: Meter



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA QUEBRADA RUCRE UBICADA EN EL DISTRITO DE JESÚS Y NAMORA - CAJAMARCA

MAPA DE PARAMETROS FISICOQUÍMICOS - pH

Tesista: Bach. Villacorta Solano Edwin Frank

Escala: 1/25 000

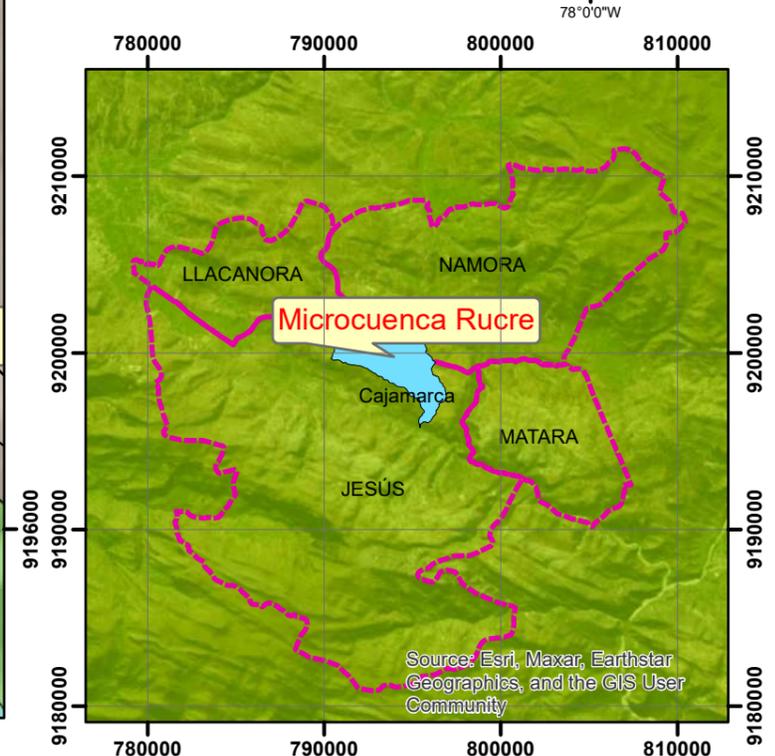
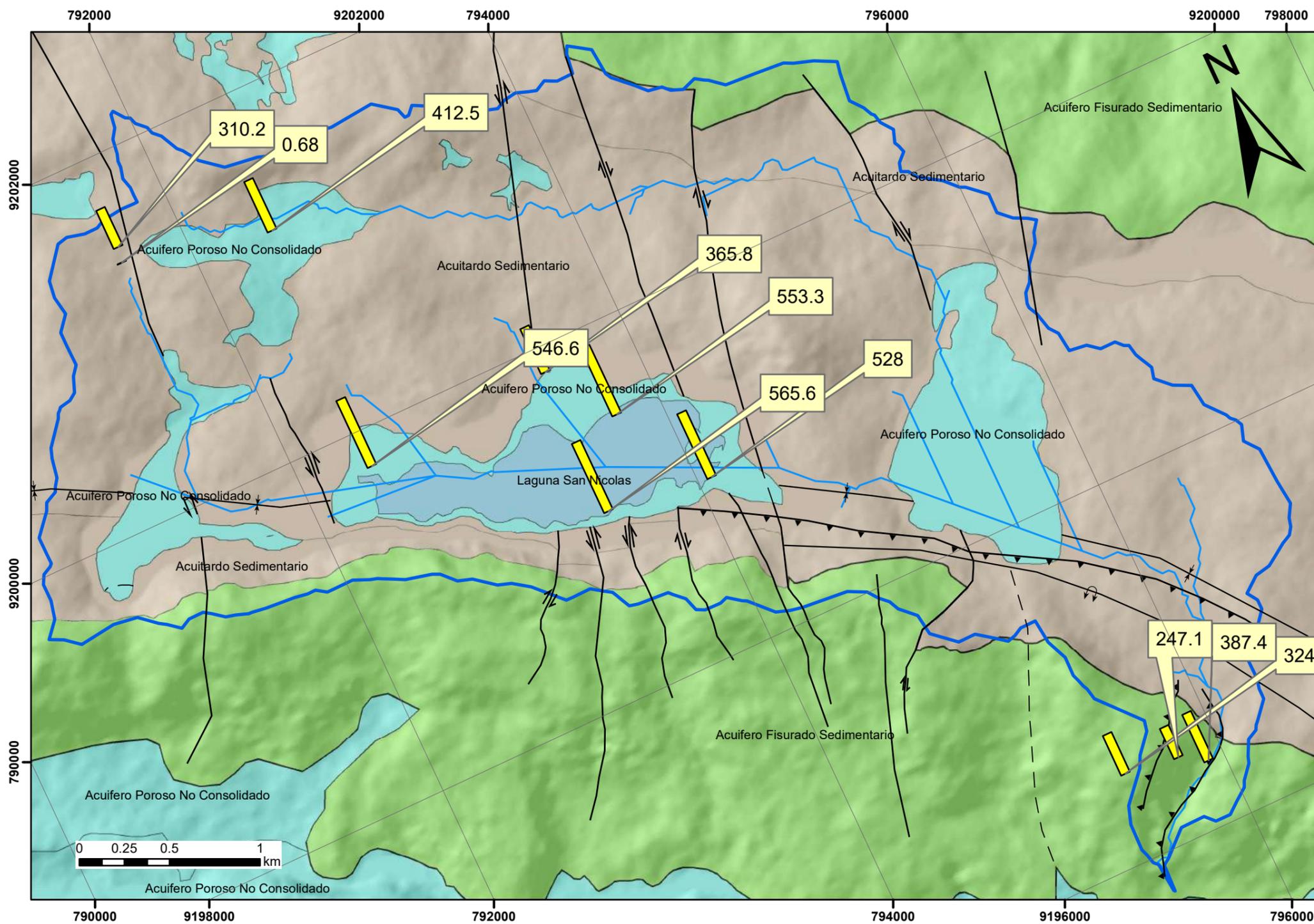
Asesor: Dr. Ing. Quispe Mamani Crispín Zenón

Fecha: Agosto 2023

N° de Mapa

05

MAPA DE PARAMETROS FISICOQUÍMICOS - CONDUCTIVIDAD



Unidades Hidrogeológicas

- AFS - Acuífero Fisurado Sedimentario
- APNC - Acuífero Poroso No consolidado
- ATS Acuitardo Sedimentario
- Laguna San Nicolas

Plegamientos

- Anticlinal volcado
- Eje de sinclinal

Fallas

- Falla de rumbo dextral
- Falla de rumbo sinistral
- Falla inferida
- Falla inversa
- Falla normal
- Falla inversa inferida

Simbología

- Estaciones de medición Conductividad
- Drenaje
- Microcuenca Rucre

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 Units: Meter



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA QUEBRADA RUCRE UBICADA EN EL DISTRITO DE JESÚS Y NAMORA - CAJAMARCA

MAPA DE PARAMETROS FISICOQUÍMICOS - CE

Tesista: Bach. Villacorta Solano Edwin Frank

Asesor: Dr. Ing. Quispe Mamani Crispín Zenón

Escala: 1/25 000

Fecha: Agosto 2023

N° de Mapa

06