

# **ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA SAN CIRILO, CAJAMARCA – PERÚ**

Ing. Zenón Quispe Mamani 1, Ing. María López Becerra 2

Universidad Nacional de Cajamarca, Avenida Atahualpa N° 1050- Carretera Baños del Inca. Edificio 4J- 201

Teléfonos: Telefax 076-365976, Cel. Rpm #956565873

Correo electrónico: zenn11@hotmail.com, cquispe@unc.edu.pe, Marylopez\_becerra@yahoo.com

## **RESUMEN**

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona Norte de la Cordillera de los Andes del Perú, al norte de la ciudad de Cajamarca, a 55Km, abarcando las comunidades de Yanacanchilla Alta, Cerro Azul, San Cirilo, Negritos; con una altura máxima de 4,168msnm. Políticamente la zona de estudio pertenece al distritito de la Encañada, Provincia y Departamento de Cajamarca. La microcuenca tiene una orientación SW-NE, con un área aproximada de 17 Has. El estudio consistió en caracterizar la geología e hidrogeología a escala 1:15,000, determinación del pH, conductividad eléctrica, temperatura y caudal de los afluentes de la Microcuenca. Se detalló y cartografió las formaciones geológicas (litología), estructuras tales como plegamientos, fallas y fracturas, lo cual hizo posible la caracterización hidrogeológica. Se elaboró mapa hidrogeológico, pendientes, línea de flujos y secciones geológicas e hidrogeológicas a escala horizontal 1:15,000 y vertical 1:7,500, con la finalidad de realizar la interpretación geológica e hidrogeológica.

## **INTRODUCCIÓN**

Actualmente los estudios hidrogeológicos son de especial interés no solo para la provisión de agua a la población sino también para entender el ciclo vital de ciertos elementos químicos, así como también para evaluar el ciclo de las sustancias contaminantes, su movilidad, dispersión y la manera en que afectan al medio ambiente. La caracterización hidrogeológica considera lo siguiente: la evaluación de las condiciones climáticas de una región, su régimen pluviométrico, la composición química del agua, las características de las rocas como permeabilidad, porosidad, fisuración, su composición química, los rasgos geológicos y geotectónicos.

Las aguas subterráneas constituyen el 97% del total de agua dulce no congelada del mundo, siendo el agua superficial de ríos y arroyos el 3%, de ahí la importancia que algunos países buscan acuíferos para abastecerse del líquido elemento, además de la menor difusión de contaminantes en comparación con el agua superficial.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Microcuenca San Cirilo constituye la base principal para el presente trabajo de investigación, motivada por la falta de información de hidrogeología y geología.

El agua es un elemento muy importante en el mundo, en el crecimiento y mantenimiento de las especies que se encuentran en la tierra, por lo que se encuentra distribuido de la siguiente manera: El agua subterránea forma la fuente de mayor cantidad que el agua dulce superficial, por tal motivo, su uso y conservación dependen del hombre. La ciudad de Cajamarca no es ajena al uso de agua subterránea, teniendo pozos de extracción de este recurso para abastecimiento de consumo humano; por lo que se requiere inventariado de microcuencas, para conocer la calidad y cantidad de este recurso.

## **ALCANCE DEL PROBLEMA**

El área tiene una extensión aproximada de 17Has. Los parámetros estudiados abarcan condiciones físicas tales como relieve, topografía, caudales de escorrentía, aspectos hidrogeológicos como el pH de los afluentes en la microcuenca y las lagunas.

## **JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Al no encontrarse información detallada de las características hidrogeológicas de la microcuenca San Cirilo, razón por la cual se plantea el estudio hidrogeológico a escala 1: 15,000 a detalle (escala local),

las variables de la geología, los alineamientos estructurales determinan y conservan los acuíferos en forma natural, para lo cual se ha realizado el cartografiado geológico, la identificación de los acuíferos la determinación del pH y caudal en la microcuenca.

El presente trabajo de investigación servirá como aporte al conocimiento base (elemental), ya que al identificar los acuíferos y su volumen, se podrá brindar un alcance del potencial hídrico y las características hidrogeológicas de la microcuenca San Cirilo a las comunidades aledañas. Esta investigación tiene como fin, mostrar la importancia de los recursos hídricos y de las condiciones en las que se encuentra en forma natural.

### **OBJETIVOS**

- Efectuar el cartografiado Geológico e hidrogeológico de la Microcuenca a escala 1/15, 000.
- Realizar perfiles Hidrogeológicos.
- Determinar el sistema hidrológico.
- Determinar el caudal de los afluentes de la microcuenca.
- Determinar el pH de los afluentes de la microcuenca.

### **TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

**CARTOGRAFIADO GEOLÓGICO.-** Los datos geológicos obtenidos en campo como litología, rumbos y buzamientos, fallas geológicas, pliegues, fueron procesados en el programa Arc Gis 10.1 para tener un mapa interpretativo de la información recolectada. Las características geológicas del área se determinaron mediante el cartografiado geológico obteniéndose el mapa. Se usó como referencia la carta geológica del INGEMMET. 14f, boletín N° 38, así mismo fotografías aéreas de la región Cajamarca.

**CARTOGRAFIADO HIDROGEOLÓGICO.-** Para el mapa hidrológico se procedió a partir de una base de datos como el mapa geológico y topográfico se realizó la clasificación de los acuíferos, se cartografió todas las descargas naturales de agua como quebradas, drenajes y manantiales, además de la medición del pH y caudal.

**DELIMITACIÓN DE LA MICROCUENCA:** La delimitación de la microcuenca se basó en los rasgos topográficos y en la intersección de los puntos de máxima altitud para poder comprender con facilidad el comportamiento de la escorrentía superficial y escurrimiento. Teniendo en las partes más elevadas a los afloramientos, que pertenecen a la Formación Farrát y al Volcánico Huambos de los cuales se puede inferir que constituyen la principal fuente de recarga del acuífero, incrementándose al aporte de recarga los plegamientos estructurales locales en rocas sedimentarias.

### **UBICACIÓN**

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona Norte de la cordillera de los Andes del Perú, al norte de la ciudad de Cajamarca, a 55Km. de la carretera hacia Hualgayoc, abarcando las comunidades como Yanacanchilla Alta, Cerro Azul, San Cirilo, Chilla Negra y Negritos; políticamente la zona de estudio pertenece al distritito de La Encañada, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca, región Nor-oriental del Marañón. Se encuentra en el cuadrángulo de Chota (14f); con coordenadas UTM – DATUM – PSAD-56 – ZONA - 17S; 9243 000: 771 000; 9238: 765 000.

### **FISIOGRAFÍA**

El área de estudio se encuentra en la zona Norte de la cordillera de los Andes del Perú, en la cabecera de cuenca del río Llaucano, conformados por todas las cumbres, las cuales se encuentran entre los 3,175 y 4,168msnm. Las más altas corresponden a la “Superficie Jalca” pero es probable que corresponda a diferentes superficies de erosión, relacionados con el levantamiento de los Andes; de probable edad miocena media a tardía, que ha sido erosionado por la glaciación en el pleistoceno.



*Figura 01. Geoformas de un valle tipo coluvio-glacial sobre rocas intrusivas, en las lagunas compartidas*

## **GEOLOGÍA LOCAL**

Se encuentra emplazada sobre un sistema de plegamientos (sinclinal - anticlinal) volcados con dirección SE – NW y estructuralmente se encuentran fallas con dirección SW - NE pertenecientes al cretáceo inferior conformada por las Formaciones Santa, Carhuáz y Farrát, sobre el cual suprayacen las Formaciones: Inca; Grupo Crisnejas: Chúlec, Pariatambo; el Cretáceo superior conformada por la Formación Yumagual. Presentando secuencias estratigráficas de areniscas, cuarzosas, lutitas calcáreas, calizas nodulares de color gris claro hasta oscuras; variaciones de calizas arenosas y margas gris oscuras, todas ellas en forma de estratos intercalándose con estratos muy delgados hasta estratos de mayor espesor. Sobre estas Formaciones que se reconocieron sobreyace el Volcánico Huambos; este conjunto de rocas litoestratigráficas va desde el Valanginiano – Serranvaliano en el que se encuentra depósitos cuaternarios aluviales en algunos casos con cierta tendencia estratiforme, en otros casos muy heterogéneos y desordenados.

Encontrándose zonas de karstificación en las rocas calcáreas de la Formación Yumagual y Santa, hallándose en forma de sumideros el cual viene a ser un indicador para la formación de aguas subterráneas, como se aprecia en la siguiente figura.

## **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

El cartografiado de las unidades litoestructurales Mesozoicas (Cretáceo inferior - superior) y Cenozoicas (Mioceno - Holoceno). Las fallas mayormente cartografiadas son normales; esto significa que tuvo expuesta a constantes compresiones estructurales generando una serie de fallamientos en el alineamiento principal SW – NE; en el que además permitió el ingreso de un stock intrusivo en el Cerro San Cirilo.



*Figura 02. Formación de plegamientos por esfuerzos de compresión, en areniscas de la Fm. Farrát cerca del cerro Azul.*

## **HIDROGEOLOGÍA**

Custodio (2001), considera que la Hidrogeología denominada Hidrología subterránea o Geo hidrología, es la rama de las ciencias naturales que estudia el almacenamiento, circulación y distribución de las aguas terrestres en la zona saturada de las Formaciones Geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones con el medio físico, biológico y sus reacciones a la acción del hombre. Se puede observar varias quebradas y riachuelos jóvenes, en donde en algunas se evidencian una mayor erosión de fondo que lateral. El drenaje es de tipo paralelo y dendrítico, las quebradas que constituyen la microcuenca desemboca en el río de los Negritos, para seguir su recorrido; así mismo el nivel freático, de acuerdo a los perfiles hidrogeológicos se encuentra a 175m. aproximadamente en el cerro San Cirilo tomando como base las lagunas divididas. El comportamiento de esta red fluvial se caracteriza por ser estacional, en período de lluvias aumenta su caudal transportando material de diferente granulometría, mientras que en temporada de sequía su caudal disminuye, e incluso en algunas quebradas no hay presencia de agua.

## **PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL ACUÍFERO**

### **ROCAS SEDIMENTARIAS**

Las rocas sedimentarias del área de estudio pertenecen a grandes unidades lito estratigráficas (plano geológico). La primera unidad corresponde al Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo inferior que está conformado por las Formaciones Santa, Carhuáz y Farrát. El segundo grupo, de edad del Cretáceo medio está caracterizado por la Formación Inca. El tercer Grupo del Cretáceo superior está dado por la Formación Yumagual, además del Volcánico Huambos y sedimentos recientes del Cuaternario.

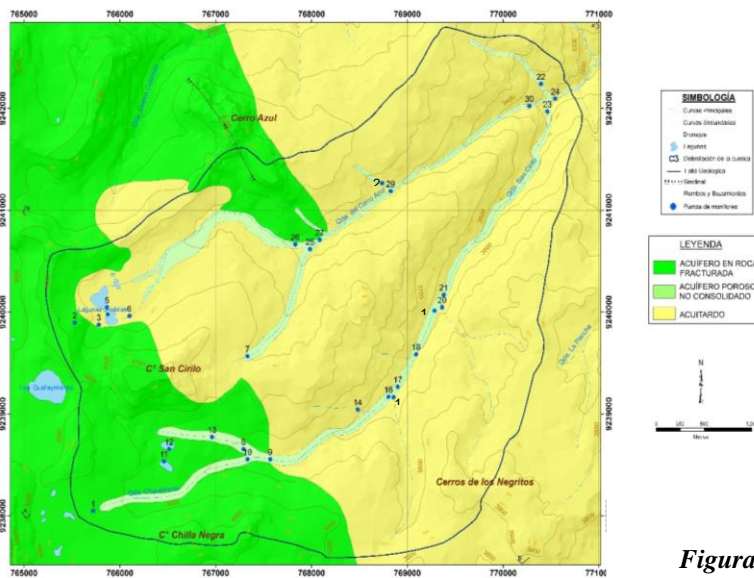
**Tabla 01. Clasificación hidrogeológica de las unidades litológicas**

Unidades litológicas	Simbolo	Descripción	Espesor	Clasificación Hidrogeológica
Depósitos cuaternarios	Qh-al Qp-fg	Depósitos morrénicos, fluvio-glaciares y aluviales conformado por gravas y bloques con matriz arenosa.	25 – 40m	Acuífero poroso no consolidado
Rocas intrusivas	Ti-di/to	Cuerpos intrusivos de dioritas y granodioritas alteradas y frescas que intruyen a las calizas y a las cuarcitas.	variable	Acuitardo
Volcánico Huambos	Ts-vh	Depósitos piro clásticos del tipo pómez y cenizas, con textura porfirítica, tiene como elementos Pómez, cristales y fragmentos líticos.	400m.	Acuitardo
Formación Yumagual	Ks-yu	secuencia de margas y calizas gris parduzcas	700m	Acuitardo
Formación Inca	Ki-in	Areniscas calcáreas y lutitas con intercalación de margas de origen marino.	100m	Acuitardo
Formación Farrát	Ki-fa	Cuarcitas y areniscas cuarzosas, con laminación cruzada de origen fluvial y deltaico altamente fracturada y plegada.	500m	Acuífero en roca fracturada
Formación Carhuáz	Ki-ca	Lutitas areniscas y cuarcitas de origen fluvial/deltaico, bien estratificadas con capas delgadas	200-400m	Acuitardo
Formación Santa	Ki-sa	Lutitas grises, calizas y margas de origen marino y algo de areniscas litorales	200m	Acuitardo

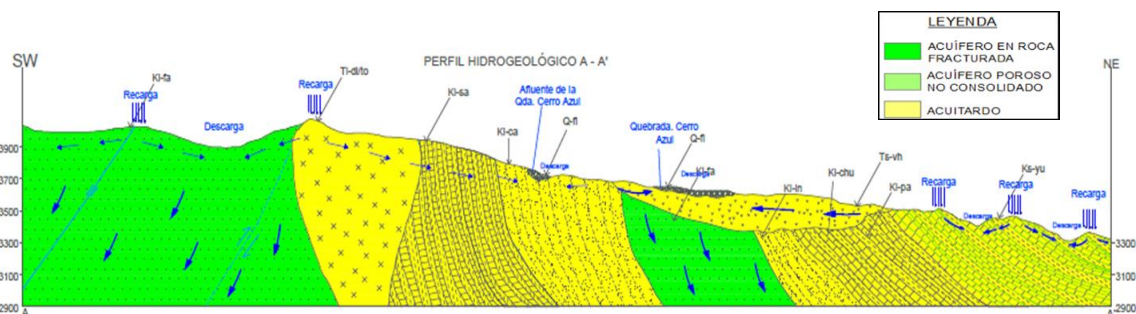
Fuente: Fluquer - 2012, modificado por el Investigador

**PARÁMETROS DE CALIDAD Y LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLES**

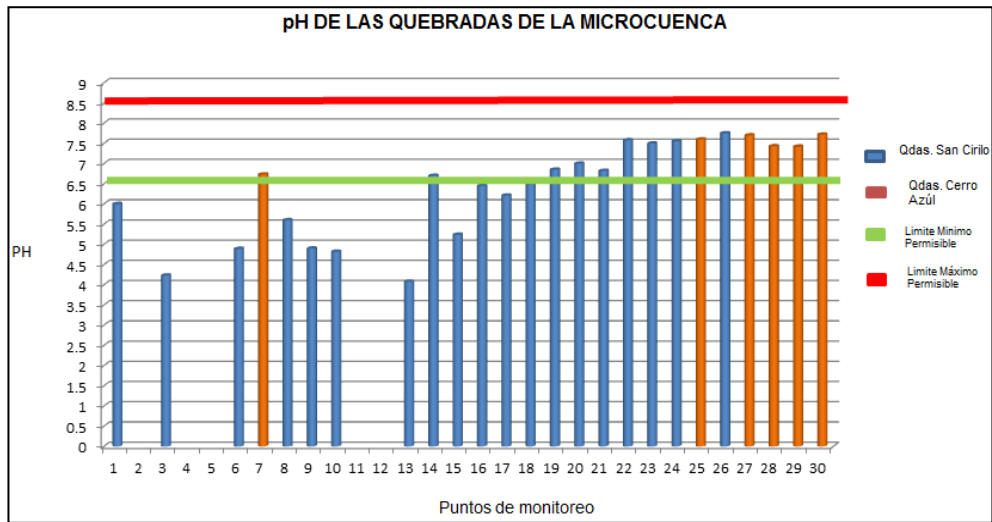
De acuerdo a los siguientes cuadros se realizó el análisis estadístico, en el pH que viene a ser el indicativo del potencial iónico del agua el cual es un indicador más notorio y conocida para tener en cuenta el límite Máximo y Mínimo permisible; en función a reglamentación existente.



**Figura 04.** Plano Hidrogeológico y ubicación de los puntos de monitoreo



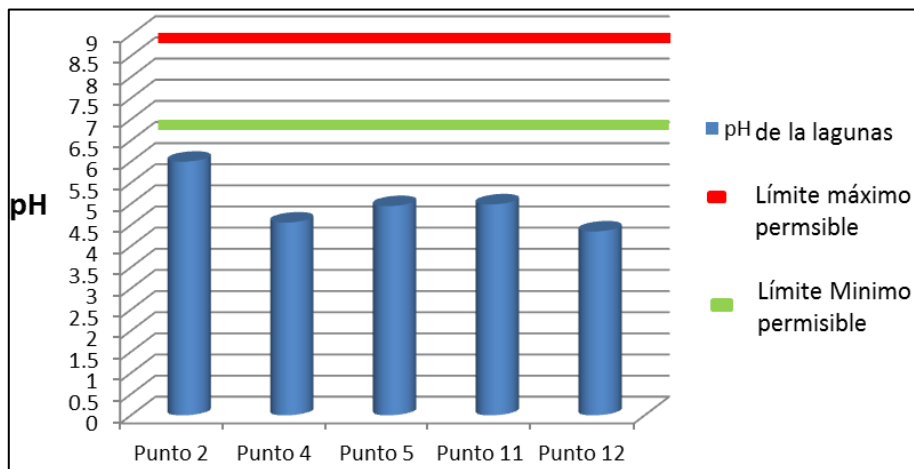
**Figura 05.** Perfil Hidrogeológico A - A'



**Figura 06.** Datos estadísticas del pH en los afluentes de la microcuenca

**pH y Volumen de las principales lagunas**

	<i>Punto 2</i>	<i>Punto 4</i>	<i>Punto 5</i>	<i>Punto 11</i>	<i>Punto 12</i>	<i>Promedio</i>
<i>pH</i>	6	4.56	4.95	4.99	4.35	4.97
<i>Volumen m<sup>3</sup></i>	66	476.966	408.53	284.83	236.832	294.63



**Figura 07.** Estadística del pH de las lagunas monitoreadas

**CONCLUSIONES**

- Los rasgos fisiográficos que presenta la microcuenca San Cirilo se caracteriza por presentar una topografía muy accidentada y varía de acuerdo a sus características litológicas y estructurales.
- La hidrología es de drenaje del tipo paralelo a dendrítico por la topografía, litología que presenta la zona de estudio.
- El caudal promedio que se calculó es de 1, 205.34 l/s, en la unión de las dos quebradas principales San Cirilo y Cerro Azul en noviembre del 2013. Monitoreados en 25 puntos y 5 lagunas.
- El pH promedio, que se determinó en las lagunas es de 4.84, el pH promedio encontrado en los afluentes que interceptan en el centro de la microcuenca es de 6.46, y el pH promedio de la unión de las dos quebradas es de 7.55; por las zonas mineralizadas que se encuentra en el inicio de las quebradas y en su curso se encuentra con rocas carbonatadas.



- De acuerdo al cartografiado geológico e hidrogeológico se identificaron tres tipos de acuíferos, porosos no consolidados en el cuaternario aluvial y en roca fracturada en la Formación Farrát; además de acuitardos en el resto de formaciones geológicas.
- Se realizaron dos secciones geológicas e hidrogeológicas en las que se pudieron interpretar el comportamiento geológico e hidrogeológico en profundidad; el nivel freático se encuentra a 175m. aproximadamente en el cerro San Cirilo tomando como base las lagunas divididas que es donde aflora.
- Mediante el cartografiado geológico se ha mejorado la identificación de contactos litológicos, un stock intrusivo y estructuras geológicas a escala 1:15,000.

## REFERENCIAS

1. Baquero Úbeda, Juan, 2007 “Hidrogeología minera y ambiental”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Universidad Politécnica de Madrid. Master en Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales. Lima –Perú, 233pp.
2. Custodio, E. 1983. Hidrología Subterránea. Ediciones Omega. Barcelona, tomo I y II, 2347 pp.
3. Herrera Carranza, Eddita. 2012. Estudio estratigráfico del Cretáceo superior en los alrededores de Cajamarca. Tesis Profesional para optar le título de Ing. Geólogo, Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad Ingeniería, 90 pp.
4. González De Vallejo Luis.2004. Ingeniería Geológica.744pp.
5. Ortiz Vera, Oswaldo. 1994; “Hidrología de superficie”. Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela de post – Grado.
6. Peña, Fluquer, Vargas, Víctor. (2006). Mapa hidrogeológico de la cuenca del río Jequetepeque: regiones Cajamarca y La Libertad. Lima-Perú. Editado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
7. Sánchez San Román, J. 2009. Dpto Geología Universidad Salamanca. España.
8. Tafur, Hi. 1950. Nota Preliminar de la Geología del Valle de Cajamarca, Perú, Tesis Doctoral.
9. Todd. D. K. 1959. Hidrología de Aguas Subterráneas. Nueva York. John Wiley and Sons; 420pp.
10. Wilson John (1985). Boletín N° 38, Geología de los cuadrángulos de Jayanca 13-d, Incahuasi 13-e, Cutervo 13-f, Chiclayo 14-d, Chongoyaoe 14-e, Chota14-f, Celendín 14-g, Pacasmayo 15-d, chepen 15-e, INGEMMET. Lima, Perú, 107pp.
11. Zavala Carrión, 2011; Rosado Seminario, Boletín N° 34, Geodinámica e Ingeniería Geológica; Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. , INGEMMET. Lima, Perú.

# ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA SAN CIRILO, CAJAMARCA - PERÚ

Universidad Nacional de Cajamarca Avenida Atahualpa N° 1050- Carretera Baños del Inca. Edificio 4J- 201  
Teléfonos:Telefax 076-365976, Cel. Rpm #956565873\_zenn11@hotmail.com<sup>1</sup>, Marylopez\_becerra@yahoo.com<sup>2</sup>

## 1. RESUMEN

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona Norte de la Cordillera de los Andes del Perú, al norte de la ciudad de Cajamarca, a 55Km, abarcando las comunidades de Yanacanchilla Alta, Cerro Azul, San Cirilo, Negritos; con una altura máxima de 4,168msnm. Políticamente la zona de estudio pertenece al distrito de la Encañada, Provincia y Departamento de Cajamarca. La microcuenca tiene una orientación SW-NE, con un área aproximada de 17Has. El estudio consistió en caracterizarla geología e hidrogeología a escala 1:15,000, determinación del pH, conductividad eléctrica, temperatura y caudal de los afluentes de la Microcuenca. Se detalló y cartografió las Formaciones geológicas (litología), estructuras tales como plegamientos, fallas y fracturas, lo cual hizo posible la caracterización hidrogeológica. Se elaboró mapa hidrogeológico, pendientes, líneas de flujos y secciones geológicas e hidrogeológicas a escala horizontal 1:15,000 y vertical 1:7,500, con la finalidad de realizar la interpretación geológica e hidrogeológica.

## 2. INTRODUCCIÓN

Actualmente los estudios hidrogeológicos son de especial interés no solo para la provisión de agua a la población sino también para entender el ciclo vital de ciertos elementos químicos, así como también para evaluar el ciclo de las sustancias contaminantes, su movilidad, dispersión y la manera en que afectan al medio ambiente. La caracterización hidrogeológica considera lo siguiente: la evaluación de las condiciones climáticas de una región, su régimen pluviométrico, la composición química del agua, las características de las rocas como permeabilidad, porosidad, fisuración, su composición química, los rasgos geológicos y geotectónicos. Las aguas subterráneas constituyen el 97% del total de agua dulce no congelada del mundo, siendo el agua superficial de ríos y arroyos el 3%, de ahí la importancia que algunos países buscan acuíferos para abastecerse del líquido elemento, además de la menor difusión de contaminantes en comparación con el agua superficial.

## 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Microcuenca San Cirilo constituye la base principal para el presente trabajo de investigación, motivada por la falta de información de hidrogeología y geología. El agua es un elemento muy importante en el mundo, el crecimiento y mantenimiento de las especies que se encuentran en la tierra, por lo que se encuentra distribuido de la siguiente manera: El agua subterránea forma la fuente de mayor cantidad que el agua dulce superficial, por tal motivo, su uso y conservación dependen del hombre. La ciudad de Cajamarca no es ajena al uso de agua subterránea, teniendo pozos de extracción de este recurso para abastecimiento de consumo humano; por lo que se requiere inventariado de microcuencas, para conocer la calidad y cantidad de este recurso.

## 4. UBICACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona Norte de la cordillera de los Andes del Perú, al norte de la ciudad de Cajamarca, a

### a. Alcance del problema

El área tiene una extensión aproximada de 17Has. Los parámetros estudiados abarcan condiciones físicas tales como relieve, topografía, caudales de escorrentía, aspectos hidrogeológicos como el pH de los afluentes en la microcuenca y las lagunas.

### b. Justificación del Problema

Al no encontrarse información detallada de las características hidrogeológicas de la microcuenca San Cirilo, razón por la cual se plantea el estudio hidrogeológico a escala 1: 15,000 a detalle (escala local), las variables de la geología, los alineamientos estructurales determinan y conservan los acuíferos en forma natural, para lo cual se ha realizado el cartografiado geológico, la identificación de los acuíferos, determinación del pH y caudal en la microcuenca.

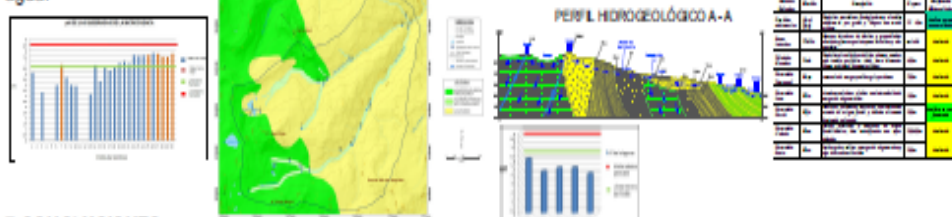
El presente trabajo de investigación servirá como aporte al conocimiento base (elemental), ya que al identificar los acuíferos y su volumen, se podrá brindar un alcance del potencial hídrico y las características hidrogeológicas de la microcuenca San Cirilo a las comunidades aledañas. Esta investigación tiene como fin, mostrar la importancia de los recursos hídricos y de las condiciones en las que se encuentra en forma natural.

## 5. GEOLOGÍA LOCAL

Se encuentra emplazada sobre un sistema de plegamientos (sinclinal-anticlinal) volcados con dirección SE-NW y estructuralmente se encuentran fallas con dirección SW-NE pertenecientes al Cretáceo inferior conformada por las Formaciones Santa, Carhuáz y Farrat, sobre el cual suprayacen las Formaciones: Inca; Grupo Crisnejas: Chúlec, Pariatambo; el Cretáceo superior conformada por la Formación Yumagal. Presentando secuencias estratigráficas de areniscas, cuarzosas, lutitas calcáreas, calizas nodulares de color gris claro hasta oscuras; variaciones de calizas arenosas y margas gris oscuras, todas ellas en forma de estratos intercalándose con estratos muy delgados hasta estratos de mayor espesor. Sobre estas Formaciones que se reconocieron sobreyace el Volcánico Huambos; este conjunto de rocas litoestratigráficas va desde el Valanginiense – Senzanvalense en el que se encuentra depósitos cuaternarios aluviales en algunos casos con cierta tendencia estratiforme, en otros casos muy heterogéneos y desordenados.

## 6. HIDROGEOLOGÍA

Custodio (2001), considera que la Hidrogeología denominada Hidrología subterránea o Geo hidrología, es la rama de las ciencias naturales que estudia el almacenamiento, circulación y distribución de las aguas terrestres en la zona saturada de las Formaciones Geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones con el medio físico, biológico y sus reacciones a la acción del hombre. Se puede observar varias quebradas y riachuelos juveniles, en donde algunas evidencian una mayor erosión de fondo que lateral. El drenaje es de tipo paralelo y dendrítico, las quebradas que constituyen la microcuenca desemboca en el río de los Negritos, para seguir su recorrido. El comportamiento de esta red fluvial se caracteriza por ser estacional, en período de lluvias aumenta su caudal transportando sedimentos de diferente granulometría, mientras que en temporada de sequía su caudal disminuye, e incluso en algunas quebradas no hay presencia de agua.



## 7. CONCLUSIONES

- ▼ Los rasgos fisiográficos que presenta la microcuenca San Cirilo se caracteriza por presentar una topografía muy accidentada y varía de acuerdo a sus características litológicas y estructurales.
- ▼ La hidrología es de drenaje del tipo paralelo a dendrítico por la topografía, litología es de la zona de estudio.
- ▼ El caudal promedio que se calculó es de 1,205.34 l/s, en la unión de las dos quebradas principales San Cirilo y Cerro Azul en noviembre del 2013. Monitoreados en 25 puntos y 5 lagunas.
- ▼ El pH promedio, que se determinó en las lagunas es de 4.84, el promedio encontrado en los afluentes que interceptan en el centro de la microcuenca es de 6.46, y el pH promedio en la unión de las dos quebradas es de 7.55; por las zonas mineralizadas que se encuentra en el inicio de las quebradas y en su curso se encuentra con rocas carbonatadas.
- ▼ De acuerdo al cartografiado geológico e hidrogeológico se identificaron tres tipos de acuíferos, porosos no consolidados en el cuaternario aluvial y en roca fracturada en la Fm. Farrat; además de acuitarados en el resto de formaciones geológicas.
- ▼ Se realizaron dos secciones geológicas e hidrogeológicas en las que se pudieron interpretar el comportamiento geológico e hidrogeológico en profundidad.