

# **CAPÍTULO I**

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad existe una creciente demanda por el recurso hídrico en contextos urbanos y rurales a nivel global. El desarrollo económico amenaza constantemente la conservación de los recursos naturales, provocando un deterioro de los mismos, esencialmente el agua, lo que pone en riesgo a las poblaciones que de él dependen. El agua es un recurso vital que se encuentra bajo competencia entre usuarios, por lo que es importante mejorar el conocimiento de la cantidad y distribución del agua en las microcuencas para planificar y hacer uso sostenible del mismo.

La mayor parte del agua que utilizamos es captada y distribuida por cuencas hidrográficas. Una cuenca hidrográfica es un área topográficamente delimitada y delineada con un sistema de ríos o tributarios, a través de los cuales todo el escurrimiento generado en la cuenca es drenado en una misma salida, en el punto más bajo. Conocer la oferta de agua de una cuenca, ayuda a conocer su potencial para uso doméstico y agropecuario. La información de una cuenca específica es importante para la toma de decisiones de manejo, en cuanto a la cantidad de habitantes que la cuenca puede sustentar y el tipo de actividades agrícolas que pueden desarrollarse. La microcuenca Muyoc se encuentra ubicada en el distrito de Namora, en la provincia y departamento de Cajamarca, comprendiendo exactamente los centros poblados de Huanico y Muyoc.

Georeferencialmente en la parte noroccidental de la cordillera de los Andes. Mediante la Evaluación del potencial Hidrogeológico podemos conocer y evaluar sus características físicas (Caudal) y químicas (PH) de la microcuenca Muyoc, analizar la información recopilada existente de la microcuenca, realizando un Inventario de Fuentes de Agua y definiendo acuíferos potenciales que delimitarán y codificarán hidrográficamente a la microcuenca, utilizando para ello el apoyo del

Sistema de Información Geográfica SIG, el mismo que permitirá elaborar un mapa Hidrogeológico.

Debido a la problemática existente en los pueblos que se encuentran dentro de la microcuenca y sus alrededores, en el Distrito de Namora, relacionada con el abastecimiento de agua para el consumo humano y para potenciar el desarrollo agrícola del sector, se ha decidido realizar esta investigación, aplicando una metodología cuantitativa, descriptiva, comparativa, deductiva y explicativa. Con la finalidad de establecer los parámetros físicos (caudal) – químico (PH) necesarios para evaluar la capacidad acuífera del sector, a fin de presentar alternativas del aprovechamiento sostenible del recurso hídrico subterráneo y así beneficiar los centros poblados de la microcuenca de Muyoc y alrededores.

Entonces nos preguntaríamos ¿Cuál es la evaluación del potencial hidrogeológico de la microcuenca Muyoc, distrito de Namora?, en consecuencia, la Hipótesis planteada al problema sería la Evaluación del potencial hidrogeológico de la microcuenca Muyoc, distrito de Namora en el departamento de Cajamarca, se determina mediante la litología, geomorfología e hidrología buena, generando condiciones hidrogeológicas potenciales en referencia a la cantidad y calidad del agua.

Por lo tanto, mediante esta investigación se pretende realizar una evaluación del potencial hidrogeológico, a través de un estudio detallado de la geología local, la geomorfología y la hidrología, evaluando el caudal de los manantiales y así como el análisis químico (PH) de las muestras de agua, pertenecientes a la red hidrográfica, determinando así el potencial de ésta en cuanto a calidad y cantidad. La investigación se justifica porque servirá para conocer la ubicación de los manantiales, generando un aprovechamiento de este recurso tan vital y de una manera sostenible, además, servirá de base para estudios posteriores con fines de investigación similares.

El desarrollo de este Proyecto de Tesis se fundamenta en la Evaluación del potencial Hidrogeológico de la Microcuenca Muyoc, con la intención de conocer la oferta de agua de la cuenca, ayudando a conocer su potencial para el uso

doméstico y agropecuario, de una forma sostenible. Por lo cual el alcance de la tesis será exploratorio, descriptivo y correlacional dentro del tipo de investigación transversal en el tiempo.

Se ha evaluado el potencial hidrogeológico de la microcuenca Muyoc, distrito de Namora. Determinando y midiendo así los caudales de los manantiales, el Ph de las aguas de lagunas, ríos y manantiales, definiendo acuíferos potenciales, terminando con la elaboración de un mapa hidrogeológico.

En el capítulo I se hace una introducción a nuestro trabajo, hacemos nuestro planteamiento, así como nuestro objetivo general y los objetivos específicos que tenemos que ir cumpliendo para lograr lo propuesto, también se incluye la justificación e importancia del tema y finalmente hacemos la delimitación de nuestro trabajo; en el capítulo II se dan a conocer los conceptos básico sobre los que se fundamenta la Tesis, aparecen las primeras definiciones que marcan el rumbo de la investigación. Asimismo, se presentan algunos conceptos a los que se harán continuas referencias más adelante, por lo que conviene dejarlos claros desde el principio para evitar confusiones u obstáculos en la lectura y comprensión de la misma. Por otra parte, se mencionan todos los antecedentes que de una u otra forma han repercutido en esta investigación; en el capítulo III se plantea de lleno la metodología que se utilizará en la siguiente investigación; en el capítulo IV se implementa matemáticamente toda la formulación, y con la ayuda de algunos programas computacionales, como Excel, ArcGIS; en el cual se obtienen los resultados parciales para cada uno de los escenarios planteados. Finalmente, llegamos al Capítulo V, que consiste en la interpretación de los resultados analizados en el Capítulo IV. Aquí, se pretende llegar a conclusiones generales, que sirvan principalmente para hacer recomendaciones puntuales y concretas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Moros, (2006). Evaluación del potencial hidrogeológico de la zona de Carayaca, estado Vargas. Tesis desarrollada en la población de Carayaca y sus alrededores, en el Estado Vargas de Venezuela, relacionada con el abastecimiento de agua para el consumo humano y para potenciar el desarrollo agrícola del sector, se hizo el estudio de factibilidad de la ocurrencia de aguas subterráneas, a fin de presentar opciones para el aprovechamiento sustentable de este valioso recurso.

##### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Rivera, (1980), Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba 15-f, 15-g, 16-g. Analizan regionalmente el área de estudio. Considerando la existencia del cartografiado a escala 1:100,000 realizado por geólogos de Instituto Geológico Minero y Metalúrgico de Perú.

##### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

López, (2014). Estudio Hidrogeológico de la microcuenca San Cirilo, Cajamarca – Perú. Se realizó una caracterización hidrogeológica de la microcuenca San Cirilo; tomando en cuenta la geología, la geomorfología, el pH y caudal medido en las fuentes de agua de la microcuenca.

Peña, (2014). Modelo Hidrogeológico del funcionamiento de las fuentes termales de Baños del Inca, Cajamarca-Perú. Se realizó un modelo hidrogeológico, para conocer las características hidrogeológicas y el ambiente de formación de las fuentes termales de Baños del Inca.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. FORMACIONES GEOLÓGICAS COMO ACUIFEROS**

No todas las Formaciones geológicas o rocas en general, poseen la misma facilidad para transmitir y proporcionar agua en cantidades apreciables económicamente. los acuíferos que se presentan con mayor frecuencia están formados por depósitos no consolidados de materiales sueltos, tales como arenas, gravas, pudiendo ser su origen geológico muy distinto: fluvial, como los que forman los materiales aluviales de los ríos o las terrazas de los mismos; deltaico, si se trata de depósitos acumulados en la desembocadura de los ríos; depósitos sedimentarios ocasionados por la acumulación de partículas transportadas por la gravedad (piedemonte), viento (dunas y/o loess), hielo (depósitos glaciares).

De entre las rocas sedimentarias que contienen el 95% de las aguas subterráneas para el conjunto de la tierra (Ground Water and Wells, página 30) la más importante es la caliza, roca formada por carbonato de calcio, que varía en densidad, porosidad y permeabilidad, de acuerdo con el ambiente sedimentario existente en su Formación y el desarrollo posterior de zonas permeables por disolución del carbonato (Formación de karst), que pueden llegar a formar verdaderos “ ríos subterráneos” y toda una morfología especial en los que en algunos casos no se habla de transmisividad y permeabilidad, debido a que no se cumple el régimen laminar por las grandes dimensiones de las fisuras.

Sin embargo, estas rocas si no están carstificadas, suelen ser poco permeables al igual que las margas, intermedias entre las calizas y las arcillas. Los conglomerados y areniscas, considerados como gravas y arenas cementadas, ven disminuida su porosidad y permeabilidad a causa del cemento que las une y da cohesión.

En las rocas volcánicas es difícil establecer una clasificación de las mismas, respecto si constituyen o no buenos acuíferos, puesto que depende de las características físicas y químicas y de las propias rocas, y de la erupción que las originó, del grado de alteración, edad.

Finalmente, en las rocas ígneas y metamórficas (granitos, dioritas, gabros, pizarras y esquistos) las únicas posibilidades de formar buenos acuíferos residen en la zona

alterada superficial, o en las regiones muy fracturadas por fallas y diaclasas que permitan una apreciable circulación de agua, de todos modos, constituyen los peores acuíferos en cuanto a rendimiento en caudal. Cuando ambos tipos de rocas están poco nada alterados pueden considerarse como acuífugos. (Todd, 1959).

## 2.2.2. TIPOS DE ACUIFEROS

Todos los acuíferos que se han mencionado han sido clasificados con respecto a sus características litológicas. Pero existe otra clasificación que los agrupa de acuerdo con la presión hidrostática del agua encerrada en los mismos. (Custodio y Llamas, 1983).

Atendiendo al comportamiento de las Formaciones geológicas, así como a su posición estructural en el terreno, se distinguen dos tipos principales de acuíferos, a) Acuíferos libres, b) acuíferos confinados. (Custodio y Llamas, 1983).

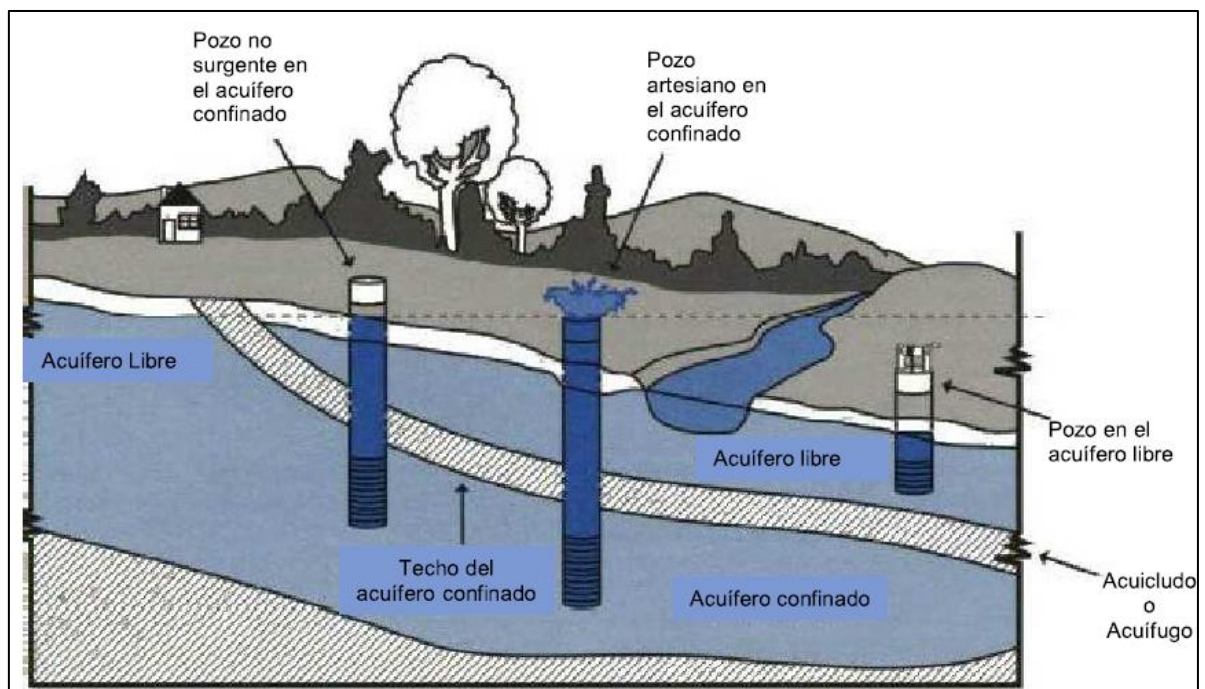


Figura 01: Tipos de acuíferos según el funcionamiento hidráulico.

Fuente: Custodio y Llamas, (1983).

### 2.2.2.1. Los acuíferos libres

Son aquellos en los que el nivel superior de saturación se encuentra a presión atmosférica. A la superficie piezométrica de un acuífero libre se denomina superficie freática. Por esta razón, los acuíferos libres son también conocidos como “Acuíferos Freáticos”. Por lo tanto, la superficie freática es una superficie real que delimita el

acuífero libre (por debajo) de la zona vadosa (por encima). (Custodio y Llamas,1983).

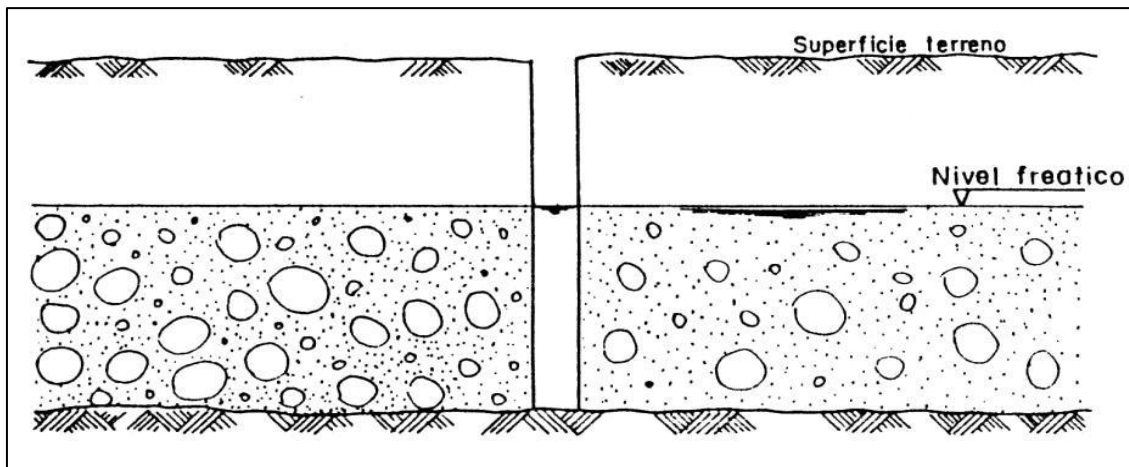


Figura 02: Acuífero libre.

Fuente. Custodio, (1983).

#### 2.2.2.2. Acuíferos confinados

Corresponden a Formaciones geológicas permeables, completamente saturadas de agua, confinadas entre dos capas o estratos que podemos asumir como impermeables, ya sean acuífugos o acuicludos (figura 03). (Custodio y Llamas,1983).

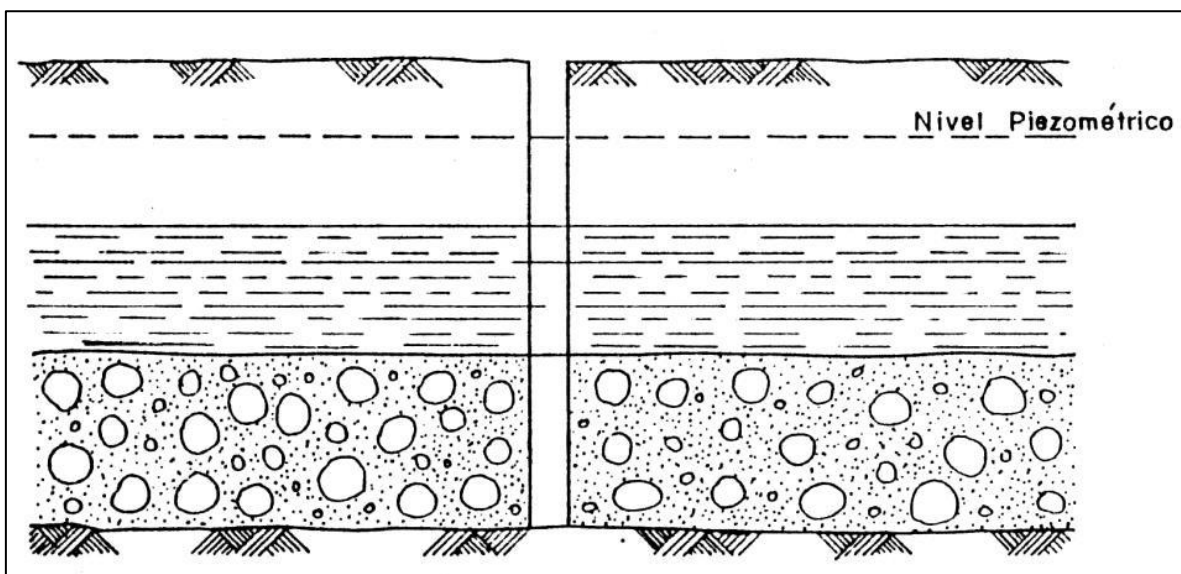


Figura 03: Acuífero confinado.

Fuente: Custodio y Llamas, (1983).

### 2.2.2.3. Acuíferos de medios porosos

Se encuentran en los sedimentos detríticos, areniscas y conglomerados; estos presentan unas excelentes condiciones para almacenar y transmitir el agua. (Gil, 2007).

### 2.2.2.4. Acuíferos de medios fisurados

Se localizan en las fracturas de las rocas metamórficas precámbricas, paleozoicas (pizarras, esquistos, cuarcitas) y cretácicas, las cuales han sido consideradas como impermeables, pero actualmente con el avance de las técnicas de perforación en rocas duras se ha demostrado la existencia de un complejo medio acuífero fisurado muy anisótropo. (Gil, 2007).

### 2.2.2.5. Acuíferos de medios kársticos

Se trata de grandes embalses subterráneos cuyas aguas circulan y se almacenan dentro de las cavidades de las Formaciones rocosas calcáreas (calizas y dolomías), las cuales tienen una porosidad secundaria originada por disolución, presentando canales y cavernas de gran tamaño que cuando se saturan de agua constituyen acuíferos muy importantes, (Gutiérrez, 1991).

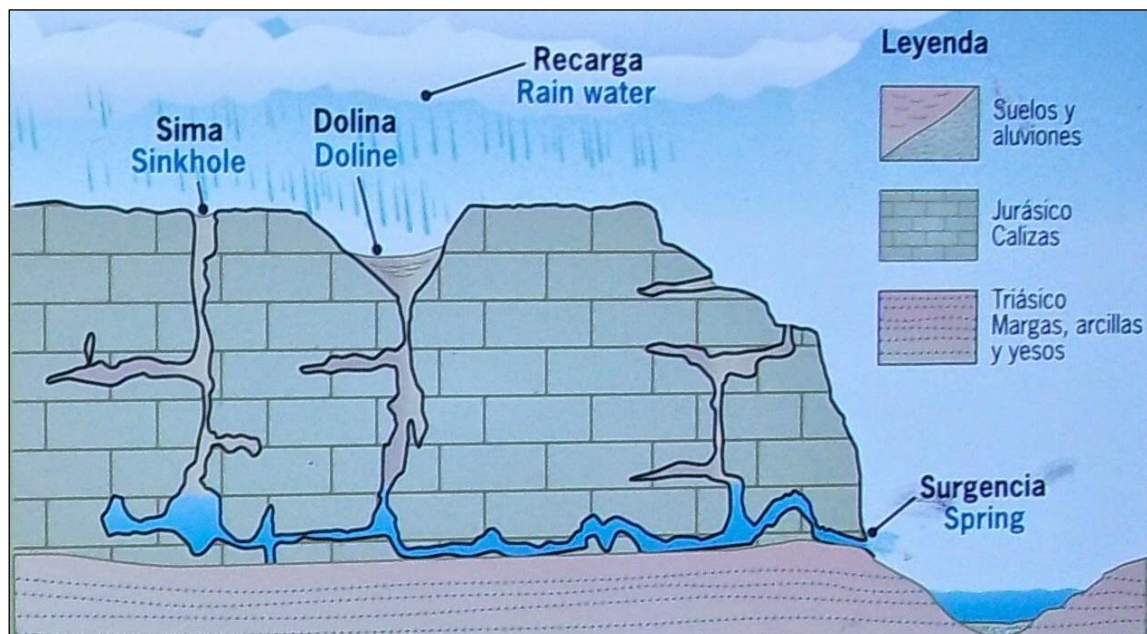


Figura 04: Acuíferos en medios kársticos. (Gutiérrez, 1991).

## 2.2.3. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

Considerando los acuíferos como sistemas que poseen un cierto funcionamiento, regulado por la recarga y las extracciones, se comprende que deben poseer unas ciertas características fundamentales de las cuales dependen. Estas características



o parámetros permiten definir el funcionamiento de un acuífero frente a unas determinadas acciones exteriores. Estos parámetros son: La porosidad, la permeabilidad y la transmisividad, (Gil, 2007).

#### **2.2.3.1. Porosidad**

La porosidad de un terreno se define como la relación (%) entre el volumen de huecos y el volumen total del terreno que los contiene:  $P = V_h/V_t \times 100$

La porosidad depende de un gran número de factores entre los que cabe destacar:

- Naturaleza del terreno
- La uniformidad granulométrica de sus componentes
- La disposición y forma de las partículas
- Grado de cementación o compactación
- Efectos de la fisuración, disolución, meteorización

#### **2.2.3.2. Permeabilidad**

Es la capacidad de un terreno de permitir el paso del agua a través. La permeabilidad es el factor más importante de las rocas en relación con la explotación de sus aguas subterráneas. Depende de:

- Tamaño de los huecos interconectados (poros, fracturas)
- La granulometría de las partículas rocosas
- Naturaleza y rugosidad de la superficie de estas partículas
- La dirección dentro del terreno (anisotropía).

Puesto que el agua subterránea es contenida y conducida por los huecos que presenta el terreno, la forma y las características de ellos influirán de un modo fundamental en el comportamiento de la permeabilidad: Los materiales granulares bien clasificados (gravas y arenas) tienen una elevada porosidad y permeabilidad; en cambio, en las arcillas y los limos el agua se adosa a los diminutos poros por atracción iónica y queda retenida, es decir, son rocas muy porosas pero resultan impermeables, (Gil, 2007).

#### **2.2.3.3. Transmisividad**

El concepto de transmisividad se define como “el caudal que se filtra a través de una franja vertical de terreno, de ancho la unidad y de altura igual a la del manto

permeable saturado de agua, bajo un gradiente hidráulico unidad y a una temperatura fija determinada”.

Si E es el espesor saturado de la Formación permeable, la transmisividad es igual al producto de la permeabilidad por dicho espesor:  $T = P \times E$ .

Desde el punto de vista hidrogeológico, la transmisividad tiene más importancia que la permeabilidad, porque, así como ésta (P) es una característica constante del terreno que deja pasar el agua, lo que no implica que la contenga, aquella (T) depende de la altura o espesor del manto acuífero saturado, (Gil, 2007).

#### **2.2.4. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS O MORFOMÉTRICOS.**

El estudio de las características morfométricas de una cuenca, fue iniciado originalmente por el padre de la Hidrología moderna en los Estados Unidos de Norteamérica: Robert Ermer Horton, a través de sus dos artículos de referencia internacional “Drainage basin characteristics” (Características de la cuenca de drenaje, 1932) y “Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology”, el desarrollo de erosión de los ríos y sus cuencas de drenaje: enfoque hidrofísicos a la morfología cuantitativa, del año 1945. Los estudios morfométricos fueron transformados de diferentes análisis puramente cualitativos y deductivos, a estudios científicos, cuantitativos y rigurosos capaces de suministrar datos hidrológicos fáciles de estimar, (Strahler, 1964).

En el año 1952, Arthur Newell Strahler, modificó y mejoró el sistema para el análisis de la red de drenaje propuesto originalmente por (Horton, 1945), donde se clasifican los órdenes de los cauces de acuerdo a su jerarquía y a la potencia de sus afluentes; convirtiéndose desde entonces en el sistema de clasificación más usado a nivel mundial, para ordenar las redes de los drenajes en cuencas hidrográficas y constituyéndose a su vez en un tema de estudio obligado para los cursos de hidrología básica y geomorfología fluvial, donde aborde el estudio de la morfometría de cuencas. De esta manera Horton y Strahler, se convirtió en dos de los grandes investigadores de la morfometría de cuencas, a pesar de la gran cantidad de autores que han escrito sobre el tema. (Horton, 1945).

## **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.**

### **2.3.1. ACUÍFERO**

Es una roca porosa y permeable que permite la retención del agua en cantidades suficientes para su posterior extracción en beneficio del hombre. Los acuíferos se clasifican en acuíferos confinados, acuíferos artesianos, acuíferos semiartesianos, acuíferos termales. (Dávila, 1995).

### **2.3.2. CUENCA HIDROGRÁFICA**

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar. Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas. (Dávila, 1995).

### **2.3.3. ACUÍFERO KÁRSTICO**

Un acuífero cárstico puede ser conceptualizado como un sistema hidrológico abierto que cuenta con una variedad de flujos de entrada, salida y a través de la capa superficial y sub superficial. Las fronteras del sistema están definidas por los límites de captación y la geometría de los conductos. (Dávila, 1995).

### **2.3.4. LAGUNAS**

Deposito natural de agua de menores dimensiones que un lago, (Dávila, 1995).

### **2.3.5. MANANTIALES**

Agua que aflora en un lugar de la corteza terrestre, también se les conoce como manantes. (Dávila, 1995).

### **2.3.6. POTENCIAL DE HIDRÓGENO**

El potencial de hidrógeno es igual al logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno. La actividad del ion hidrógeno de una solución la medida de su acidez o alcalinidad en una escala que varía de 0 (acidez), hasta 14 (alcalino), siendo el valor pH 7 para las soluciones neutras. Es el factor primordial en la sedimentación. El pH en aguas naturales varía entre 4.5 y 8.5. El agua de lluvia tiene reacción acida 5.0 por efecto del dióxido de carbono. Mayor acidez se produce por la descomposición de la piritita en ácido sulfúrico. En las salmueras muy salinas 9.0-

10.0. El pH es muy importante en la solubilidad de muchos cationes: Ca (2+) y Mg (2+) son prácticamente insolubles en ambientes alcalinos, pero son acarreados en medio ácido, propio de meteorización. (Dávila, 1995).

### **2.3.7. CAUDAL**

El caudal designa a aquella cantidad de un fluido que se traslada en una unidad de tiempo. A esta unidad se la puede expresar tanto en volumen como en masa. En el anteriormente caso expresado del caudal de un río, normalmente, se expresará al mismo en metros cúbicos y por segundo, mientras tanto, la evolución del caudal es representada a través de la herramienta conocida como hidrograma. Cabe destacarse que el conocimiento del caudal que presenta un río será de vital importancia a la hora de la construcción de presas, embalses, o cualquier otro tipo de obra. (Martínez, 2006).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Cajamarca se encuentra ubicada en la parte Nor Occidental del territorio peruano. La microcuenca Muyoc, se ubican al SE de la ciudad de Cajamarca. (Ver Plano N° 01).

##### 3.1.2. UBICACIÓN POLÍTICA

- Región : Cajamarca
- Provincia : Cajamarca
- Distrito : Namora

El área de estudio abarca los centros poblados de Huanico y Muyoc, que se encuentran dentro de la microcuenca Muyoc; con una extensión de 79.73 Km<sup>2</sup> (797 300 Ha), ubicada en la zona 17S, de coordenadas UTM (WGS 84).

Tabla 01: Vértices del área de estudio (límites máximos).

VERTICE	NORTE	ESTE
V1	803500	9215500
V2	822500	9215500
V3	803500	9202500
V4	822500	9202500

### 3.1.3. ACCESIBILIDAD

Tabla 02: Accesibilidad a la Microcuenca de Muyoc.

De	Hasta	Tipo de vía	Distancia (Km)	Tiempo (min)
Lima	Cajamarca	vía aérea	845 km	90
Cajamarca	Namora	vía asfaltada	25 km	25
Namora	Microcuenca de Muyoc	Trocha carrozable	30 km	90



Figura 05: Carretera Cajamarca – Namora.

#### 3.1.3.1. CAMINOS DE HERRADURA

Podemos citar los diferentes caminos de herradura y pequeños caminos que son utilizados por los pobladores del lugar, para desplazarse de un lugar a otro o que van a dar al Centro Poblado de Huanico, los cuales al igual que las diferentes carreteras han sido de mucha utilidad para efectuar de manera aceptable nuestro trabajo en campo.



Figura 06: Caminos de herradura hacia la zona de estudio.

### 3.1.4. CLIMA

La caracterización climática de la microcuenca Múyoc se ha realizado en base al análisis de tales variables, registradas en estaciones climatológicas cercanas administradas por el Senamhi en el año 2016, interrelacionadas con la zona de estudio, las cuales presentan información desde el año 1963 hasta la actualidad. En la Tabla 03 se indican las estaciones consideradas.

Tabla N° 03. Estaciones meteorológicas interrelacionadas cercanas a la microcuenca Muyoc.

ESTACIONES	Coordenadas UTM (WGS84)		Altitud
	ESTE	NORTE	msnm
Huanico	815 600	9 209 350	3620
Sondor	806 022	9 201 120	2930
Namora	795,500	9'203,382	2,700



Figura 07: Lugar con presencia de neblina. Llanura de Huanico.

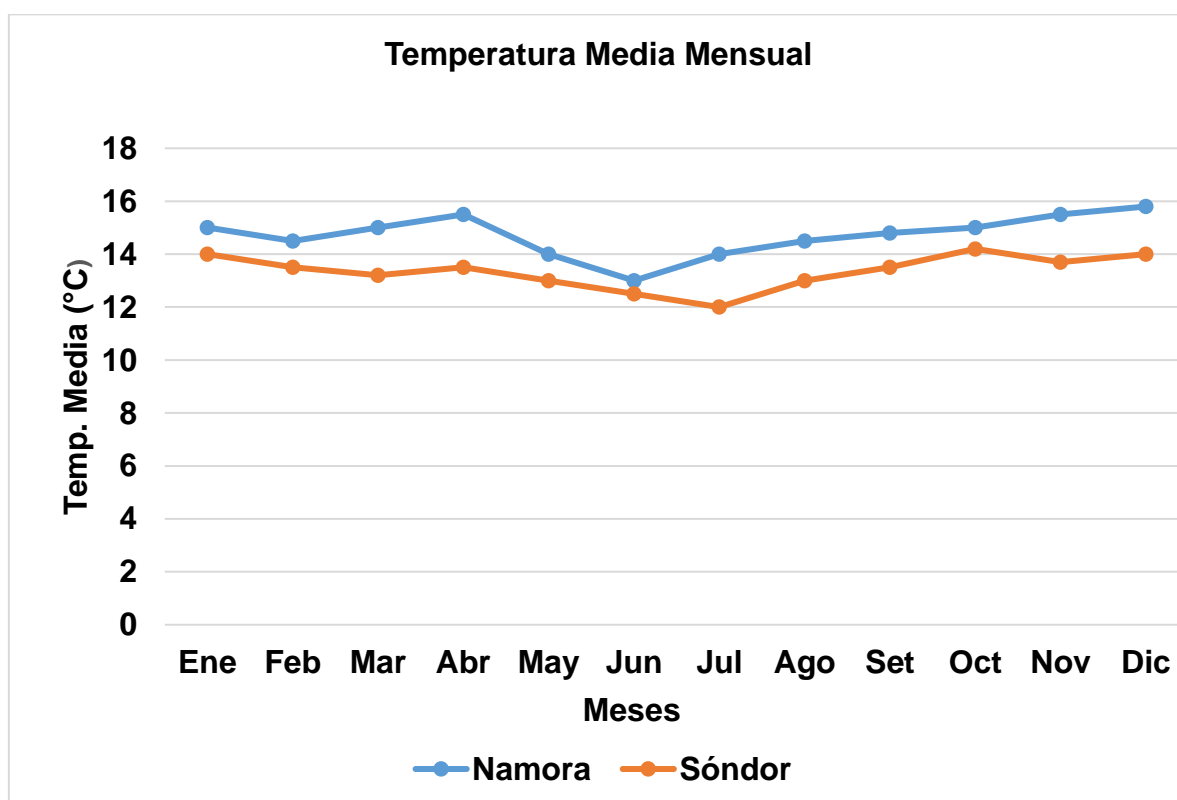
#### 3.1.4.1. Temperatura

La variable térmica, medida por la temperatura está ligada al factor altitudinal; por lo que ésta fluctúa de la condición semicálida transicional a templada, en las quebradas o valles interandinos, a fría en las partes más altas; quedando comprendida entre ellas las oscilaciones térmicas que caracterizan a los pisos altitudinales de la microcuenca, (mucha menor temperatura).

De la red meteorológica mostrada, corresponde a dos estaciones cercanas las cuales cuentan con registros de temperatura de la variación promedio mensual (Namora, Sónдор), se muestra en la Tabla 04, en donde se puede ver claramente que, por similitud de pisos, las estaciones Namora y Sónдор representa las condiciones térmicas de la parte baja de la microcuenca (zona semifría).

De este modo, se aprecia que hay poca oscilación de la temperatura media a lo largo del año: los meses de menor temperatura están entre mayo y agosto (16.9°C a 18.0°C en la parte baja; 13.1°C a 13.9°C en la parte media y 7.8°C a 8.7°C en la parte alta) y los meses con temperatura ligeramente mayor se encuentran entre setiembre y abril (18.3°C a 18.7°C, parte baja; 14.2°C a 14.8°C, parte media y 8.8°C a 9.4°C, parte alta). En consecuencia, el rango de oscilación anual de la temperatura media en la microcuenca es de 7.8°C a 18.7°C. (Senamhi, 2016).

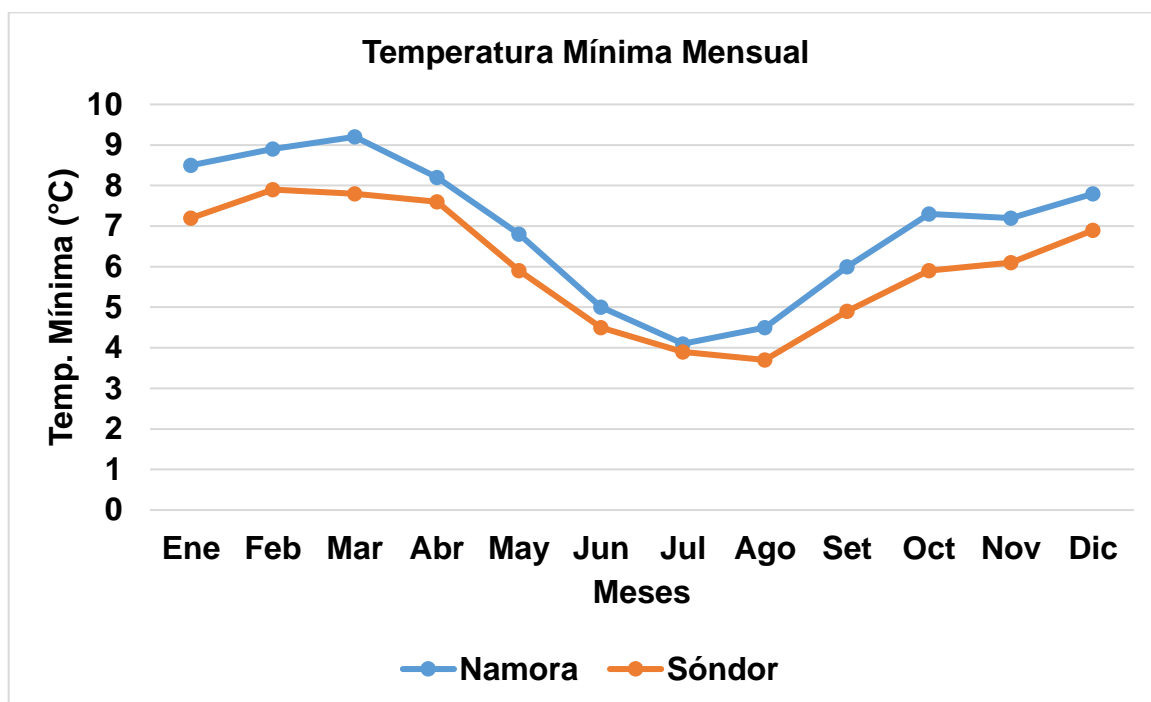
Tabla 04: Variación de la Temperatura Media Mensual durante el año 2016.



Fuente: Senamhi, 2016.



Tabla 05: Variación de la Temperatura Mínima Mensual durante el año 2016.



Fuente: Senamhi, 2016.

En términos generales se aprecia dos tendencias bien marcadas en las partes baja y media de la microcuenca: una de descenso rápido a partir de abril, y otra de ascenso acelerado desde julio hasta octubre. En la parte alta estas tendencias son leves y menos marcadas por la poca variación de las temperaturas mínimas en el año (2.0°C – 4.6°C), esto revela la mayor propensión a ser afectada por bajas temperaturas o heladas.

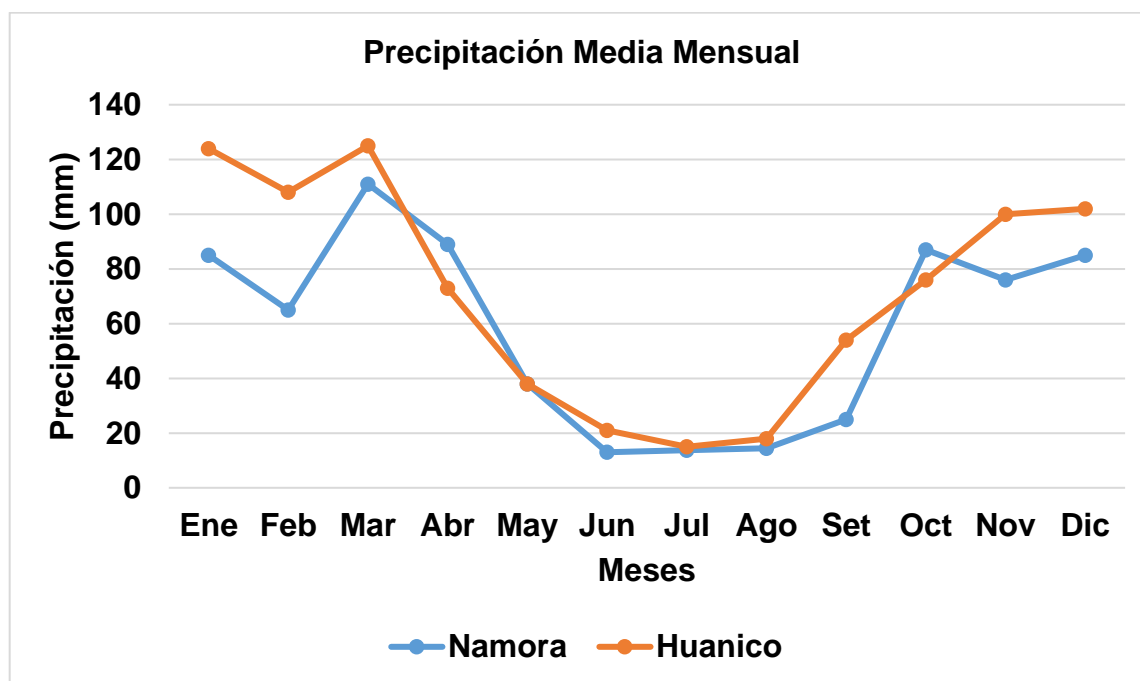
### 3.1.4.2. Precipitación

La precipitación pluvial se ha evaluado en base a la información disponible de las estaciones de Namora, Huanico, estaciones cercanas a la microcuenca, que reflejan la tendencia general de ocurrencia de las lluvias en la misma, de acuerdo al patrón común de variación durante el año que puede verse en el Tabla 6 de valores medios mensuales.

Se aprecia claramente que hay dos periodos bien marcados durante el año: uno de lluvias abundantes que se reparten entre enero – abril y octubre - diciembre, con registro máximos en el mes de marzo (143.60mm) y otro de ocurrencia escasa entre mayo y setiembre, con valores mínimos en julio (2.38mm). Las mayores

precipitaciones se concentran en los meses de marzo y abril, después de lo cual se reducen y posteriormente en setiembre vuelven a incrementarse, mostrando como característica compartida en la mayoría de estaciones un incremento apreciable en octubre, que rompe como salto abrupto la tendencia creciente de las lluvias. La precipitación anual en la zona es de unos 760mm en promedio.

Tabla 06: Variación de la precipitación Media Mensual durante el año 2016.



Fuente: Senamhi, 2016.

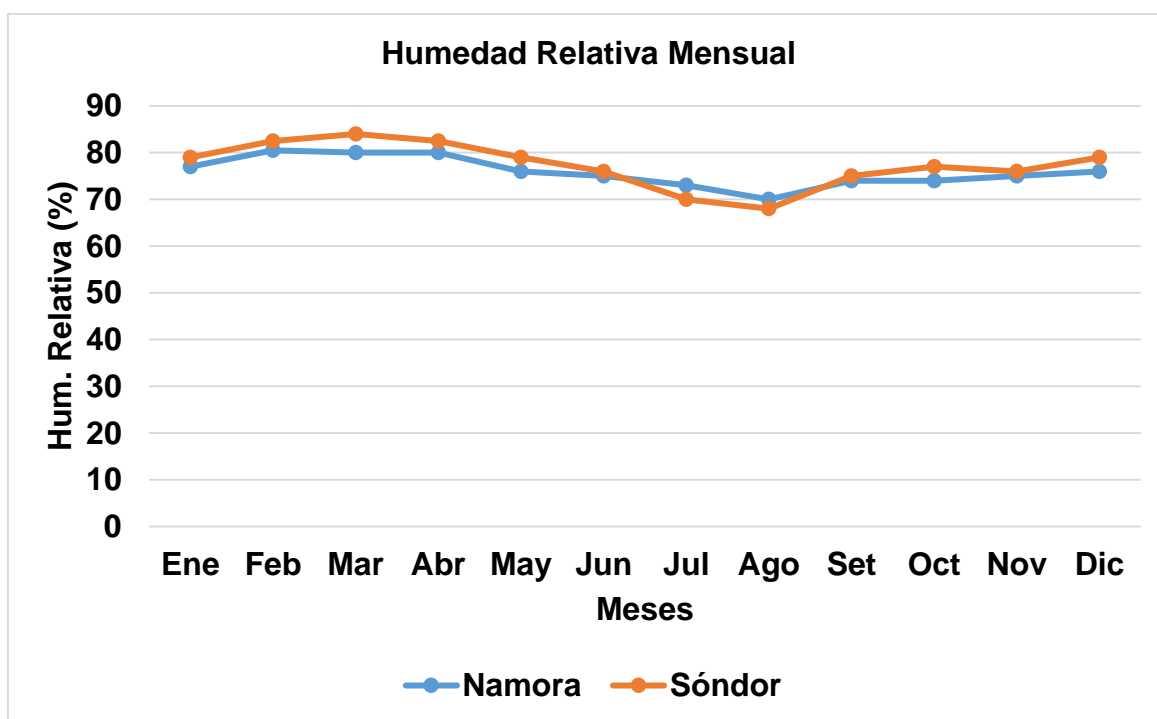
### 3.1.4.3. Humedad Relativa

La humedad relativa es la capacidad del aire para absorber vapor de agua y depende de su temperatura, puesto que necesita energía calorífica (por tanto, es el vapor de agua que contiene el aire a una determinada temperatura). La humedad relativa aumenta cuando desciende la temperatura. Para el clima, lo más importante es la humedad relativa, que mide el porcentaje de vapor de agua contenida en una masa de aire saturada o cercana a la saturación, es una masa de aire húmeda.

En la microcuenca Muyoc, la humedad relativa tiene un comportamiento casi uniforme a lo largo del año, con ligeras variaciones entre mayo a setiembre, alcanzando valores mínimos en agosto. Estas fluctuaciones son más notorias en la parte baja y media de la cuenca, tal como puede apreciarse en el Tabla 7, no

obstante, los mayores valores de humedad relativa se dan en la zona alta, por su relación directa con la altitud (menor temperatura y mayor precipitación). La humedad relativa varía de 59% (agosto) a 75% (febrero y marzo) en la parte baja; de 70% (agosto) a 82% (marzo) en la parte media y de 85% (agosto) a 93% (marzo) en la parte alta. Claramente se puede deducir la correspondencia con la temperatura, de acuerdo a lo señalado inicialmente.

Tabla 07: Variación de la Humedad Relativa Mensual durante el año 2016.



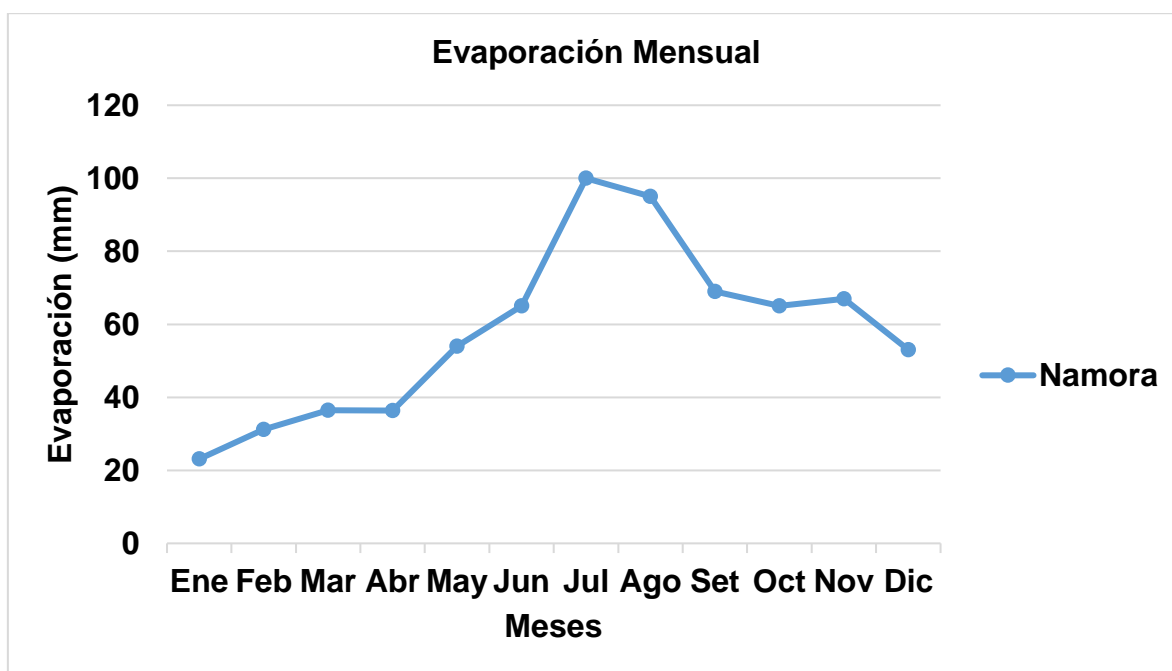
Fuente: Senamhi, 2016.

#### 3.1.4.4. Evaporación

La evaporación es indispensable en el ciclo del agua, gracias a la acción del sol y el calor que este proporciona, ya que, mediante los cambios de temperatura, el agua en estado líquido se transforma en vapor y nube y vuelve al suelo en forma de lluvia o nieve. El vapor de agua en la atmósfera proviene de la evaporación y transpiración de la masa boscosa que continuamente tiene lugar en los mares, océanos, ríos, plantas, suelo. De ella depende la humedad absoluta del aire, que es la cantidad de agua por metro cúbico que contiene.

Para el caso de Múyoc se ha considerado la información de las estaciones que aparecen en el Tabla 8, que por semejanza describen las características de la evaporación en la microcuenca. Se aprecia que hay una variación ligera entre enero a abril, alcanzando valores máximos en el periodo de julio a agosto, para descender luego con similar característica en los meses de setiembre a octubre, en donde recobra el ciclo inicial. Esta oscilación se considera normal, puesto que los valores de alta evaporación corresponden a los meses secos (julio-septiembre), bajos a los meses lluviosos (enero-marzo) y medios a los meses intermedios (abril-junio, octubre-diciembre). Comparativamente se deduce que la evaporación es mayor en la parte baja de la microcuenca, variando de 40mm (marzo) a 148mm (agosto); disminuye en la parte media de 31mm (febrero) a 100mm (julio) y es menor en la parte alta con valores de 14mm (febrero) a 97mm (julio).

Tabla 08: Variación de la Evaporación Mensual durante el año 2016.



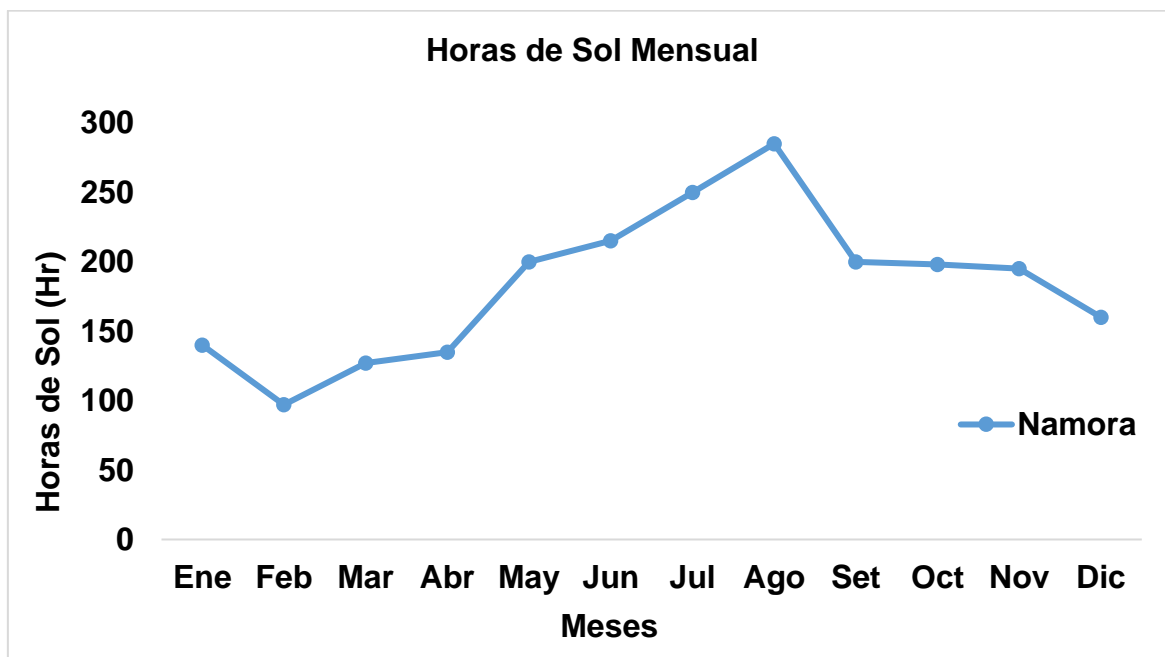
Fuente: Senamhi, 2016.

### 3.1.4.5. Horas Sol

También como elemento que influye en el clima se ha considerado las horas de sol, que refleja en cierto modo la distribución de la energía calorífica que llega desde el sol. Considerando similarmente la información de las estaciones con información, se puede apreciar en el Tabla 9, que los valores mensuales y las tendencias de

variabilidad a lo largo del año son muy semejantes. Podemos inferir que hay una duración similar en las diferentes partes de la microcuenca, fluctuando entre 85hr (febrero) y 296hr (agosto). Esta manifestación guarda relación con los meses lluviosos al estar más nublados (menor duración) y con los meses de estiaje al estar más despejados (mayor duración).

Tabla 09: Variación de las Horas de Sol Mensual durante el año 2016.



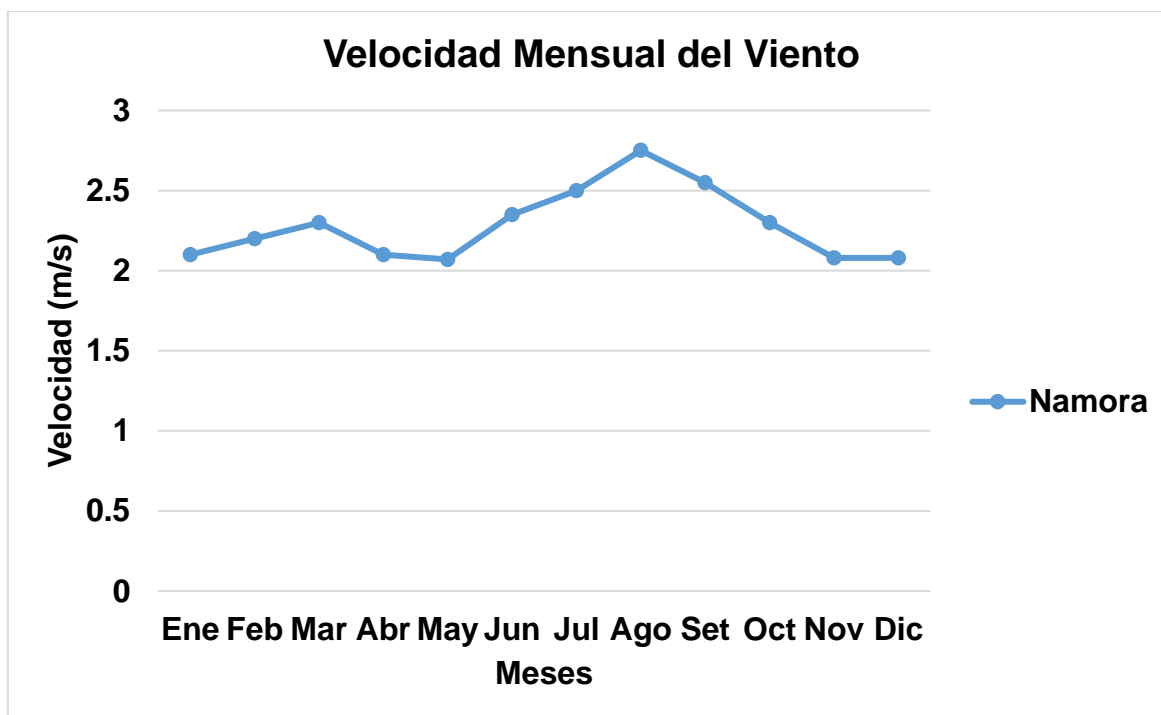
Fuente: Senamhi, 2016.

#### 3.1.4.6. Viento

El viento tiene influencia también en el clima, al transmitir humedad y calor, así como en las condiciones de la evaporación y transpiración de plantas. Traslada las masas de aire conteniendo vapor de agua, nubes y adquiere la presión y temperatura de las superficies sólidas o líquidas de agua, con los que entra en contacto, por ello en medios fríos (granizadas, nevadas, tiene menor velocidad) y en medios calientes (tornados, huracanes) una mayor movilidad. Su incidencia se refleja a través de su velocidad, para apreciar su ocurrencia por similitud en la microcuenca, se ha recurrido a la representación regional en función de las estaciones que cuentan con información, como puede observarse en el Tabla 10. La mínima velocidad de viento se registra de enero a abril, incrementamos aceleradamente hasta julio para descender rápidamente hasta octubre, en que vuelve a recuperar la variación ligera

hasta diciembre. De esta manera, podemos inferir en términos generales una variación para los pisos de la microcuenca de 0.8m/s (abril) a 3.5m/s (julio).

Tabla 10: Variación de la Velocidad Mensual del Viento durante el año 2016.



Fuente: Senamhi, 2016.

### 3.1.5. FISIOGRAFÍA

La fisiografía estudia aspectos físicos de la tierra, los cuales evidencian las características topográficas y de relieve de una determinada zona. A continuación, describiremos los siguientes:

#### 3.1.5.1. Relieve

El relieve del área de estudio corresponde totalmente a la cordillera occidental, se caracteriza por una topografía muy variada, con áreas ligeramente separadas por el Rio Muyoc. Las cumbres son empinadas y agrestes en las zonas de mayor altitud de la microcuenca; y suaves en la parte media y baja, conformado por los afloramientos deformaciones calcáreas (Yumagual, Quilquiñán- Mujarrúm) y los depósitos glaciares.



Figura 08: Centro Poblado de Huanico se observa un relieve moderado.



Figura 09: Centro Poblado El Milagro se observa un relieve accidentado.

### 3.1.6. GEOMORFOLOGÍA

La forma del terreno, los cambios de estructura; e interpretación de dichos cambios y formas de relieve, se determinó la Geomorfología de la microcuenca Muyoc.

#### 3.1.6.1. Procesos endógenos

En la microcuenca Muyoc, estos procesos están relacionados a la ruptura de la corteza terrestre, cuyos materiales sepultan el relieve actual y cambian la forma de



la superficie terrestre, o producirse diastrofismo epirogénico (Formación de montañas).

### Relieve Montañoso

Formado sobre rocas de la Formación Cajamarca, compuesta por Calizas altamente resistentes a la erosión. Formada por cordilleras, colinas escarpadas y agrestes.



Figura 10: Cordillera Llusacollpa. Centro Poblado La Amistad.



Figura 11: Cordillera Mishacocha. Localidad de Campo Alegre.



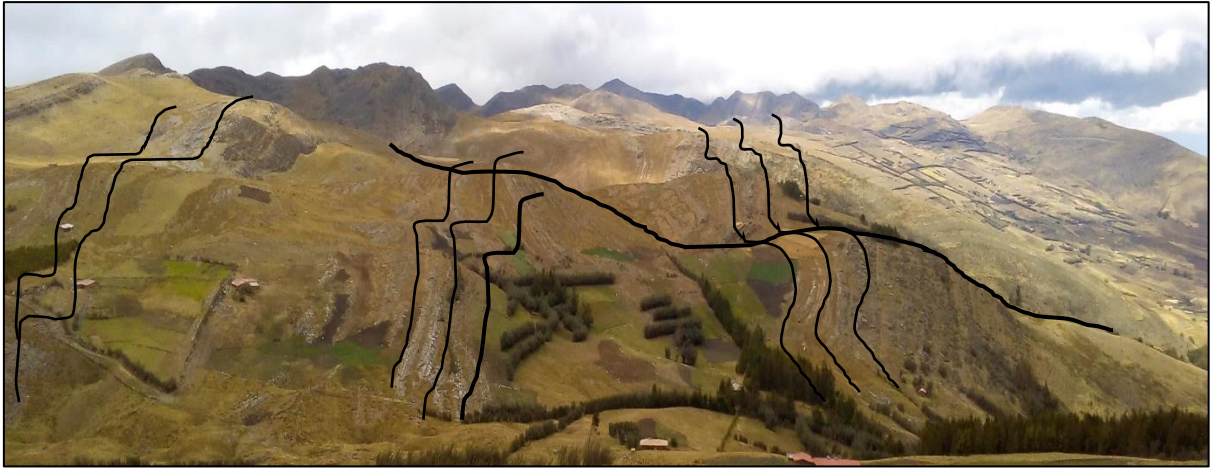


Figura 12: Relieves plegados y fallados. Centro Poblado el Tambo.

### **3.1.6.2. Procesos exógenos.**

En la Microcuenca Muyoc estos procesos están relacionados con el clima, los agentes atmosféricos y el ciclo hidrológico; que juegan un papel importante en los procesos exógenos, que tienden a nivelar la superficie; comprende tres fases o etapas:

#### **Intemperismo**

La acción geológica del viento tiene mayor influencia en las partes altas donde no existe mucha vegetación. Se ha podido observar algunas morrenas dejadas por la acción de la actividad glacial, dilatación y contracción térmica, desintegración por agentes biológicos.

#### **El transporte**

Los materiales rocas y minerales, destruidos o desintegrados, por acción de la gravedad son transportados, hacia las zonas más bajas de la Microcuenca Muyoc.

#### **La deposición**

Los materiales transportados por el agua, viento finalmente se van a depositar en las partes más bajas, de la Microcuenca, precipitan y se mitifican o endurecen formándose así las rocas sedimentarias.

#### **Agentes erosivos**

Los agentes Erosivos son el agua en todas sus formas: Líquida al llover produce erosión laminar, al discurrir sobre la superficie terrestre las corrientes de agua producen incisión, erosión en cárcavas, Formación de causes, quebradas, ríos, originando geformas propias y características tales como valles, terrazas fluviales, o llanura aluvial y meandros.

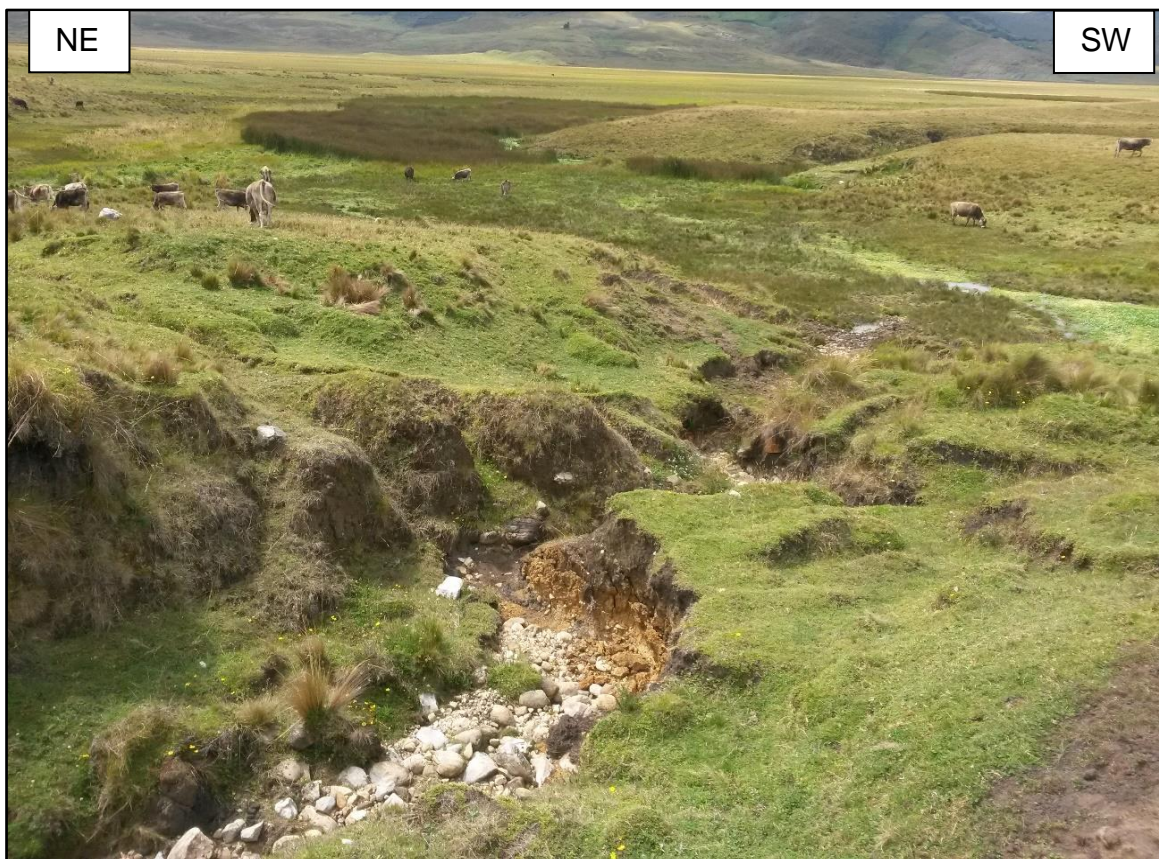


Figura 13: Quebrada que atraviesa el Centro Poblado de Huanico, originado por erosión laminar.

### **3.1.6.3. Unidades geomorfológicas**

#### **Llanuras**

Esta geoforma está presente en la Llanura de Huanico, entre los cerros Lluni, Cueva Negra, Chiriconga, Pajablanca, y Grande, con una extensión aproximada de 880.72 hectáreas, es una terraza glacial, peneplanicie o superficie más o menos plana, un tanto irregular, y levemente inclinada, constituye un relleno parcial de la depresión formada entre un glaciar y los costados de su artesa.





Figura 14: Llanura de Huanico.

### **Limnoglaciares o glacialacustres**

Así tenemos la Laguna Misacocha Hembra, La Laguna Grande, Lagos formados por el endicamiento de los valles tributarios, por depósitos de transición encausados en un valle principal y lagos que presentan en la cuenca con relieve hoyos y lomadas, son relieves efímeros que a la larga se convierten en llanuras lacustres por relleno de aluviones o rebajamiento de su desagüe por erosión.



Figura 15: Lago formado por el endicamiento del valle.

### **Crestas morrenas terminales**

Material constituido por rocas calcáreas heterogéneo en cuanto a forma y tamaño de fragmentos, poco redondeadas por el poco transporte, sin ningún tipo de

estratificación, que ha dependido de los factores siguientes: el estancamiento más o menos prolongado del frente de hielo, la capacidad para remover el material y el volumen de dicho material.

Por lo que hoy en día podemos apreciar la dirección del flujo del glaciar. Al Nor Este de pampa Huanico, flujo con dirección hacia el sur, en Cerro Campanario y cerro De Los Cotos Con dirección de flujo Sur Oeste Al Nor Este.

### **Depósitos de transición**

Son acumulaciones de arena y grava del detrito glaciario, dirigidas a morrenas frontales, o terminales y extendiéndose valle abajo, formando pequeñas terrazas, lo que ha sido aprovechado como tierras de cultivo, por los pobladores de Guelilla, Muyoc, y Bella Unión.

### **Valles fluviales**

Geomorfológicamente el área se encuentra influenciada por valles juveniles (U) y seniles (V). Tales como: Muyoc, Chiquinda, Las Ocas, entre otras quebradas menores. El Valle del Muyoc drena sus aguas hacia la cuenca Amazónica (atlántico) y su sistema de drenaje es mayormente dendrítico.

### **Terraza fluvial**

Son superficies más o menos planas, levemente inclinadas, generalmente limitadas por 02 declives o pendientes pronunciadas, formados a lo largo de los ríos, quebradas, en las que se han depositado los materiales acarreados por las aguas (de río) fluviales, (arenas, gravas, rocas, limos, arcillas, etc). En la cuenca del Muyoc, las terrazas fluviales son áreas muy restringidas, estas áreas son factibles de cultivos permanentes bajo riego con canales.

### **Laderas**

Esta sub unidad geomorfológica, está conformada por la pendiente de la cadena de cerros relativamente cercanos a las vertientes, ríos, quebradas, las laderas tienen pendientes variables desde 5° a 40°, rara vez alcanza los 50°, con materiales generalmente coluvial poco consolidado, (material fragmentario trasportado y acumulado por acción de la gravedad, generalmente se ubica en los taludes de los

cerros), y es producto de la descomposición, o meteorización física y química de las rocas existentes en el lugar, son terrenos generalmente de cultivos al secano.

### Pendientes

Las pendientes en la zona de estudio varían de llano ha empinado, cuyos rangos son los siguientes:

Tabla 11: Clasificación de pendientes según la zona de estudio.

Clase	Características
Pendiente baja	Pendiente menor a 8°
Pendiente moderada	Pendiente entre 8° y 16°
Pendiente fuerte	Pendiente entre 16° y 35°
Pendiente muy fuerte	Pendiente mayor a 35°

Fuente: Mora, 2002.



Figura 16: Pendiente ligeramente inclinado (8°), en la zona de el Milagro.





Figura 17: Pendiente ligeramente empinado ( $16^\circ$ ), en la zona de el Tambo.

### Procesos Kársiticos

Se han producido por la disolución indirecta del carbonato cálcico en las rocas calizas debido a la acción de aguas ligeramente ácidas, originando superficies de roca caliza alveolada y acanalada como surcos y sumideros, pozos, cavernas, estalactitas y los pilares; en la zona de estudio se encuentra en gran cantidad este tipo de geofomas, debido a las diferentes Formaciones calcáreas existentes, produciéndose su disolución por contacto con el agua de lluvia.



Figura 18: Lenares ubicados en el cerro Paja Blanca en la Formación Yumagual.





Figura 19: Lapiáz ubicado en el cerro Paja Blanca en la Formación Yumagual.



Figura 20: Dolina ubicado en el cerro Chiriconga en la Formación Yumagual.





Figura 21: Sumidero ubicado en la llanura de Huanico en la Formación Yumagual.



Figura 22: Sumidero ubicado en la Llanura de Huanico.





Figura 23: Sumidero de Huanico llamado por los pobladores el “tragadero”, donde la quebrada Huanico se introduce por el sumidero, aflorando a 300 metros del Centro Poblado.

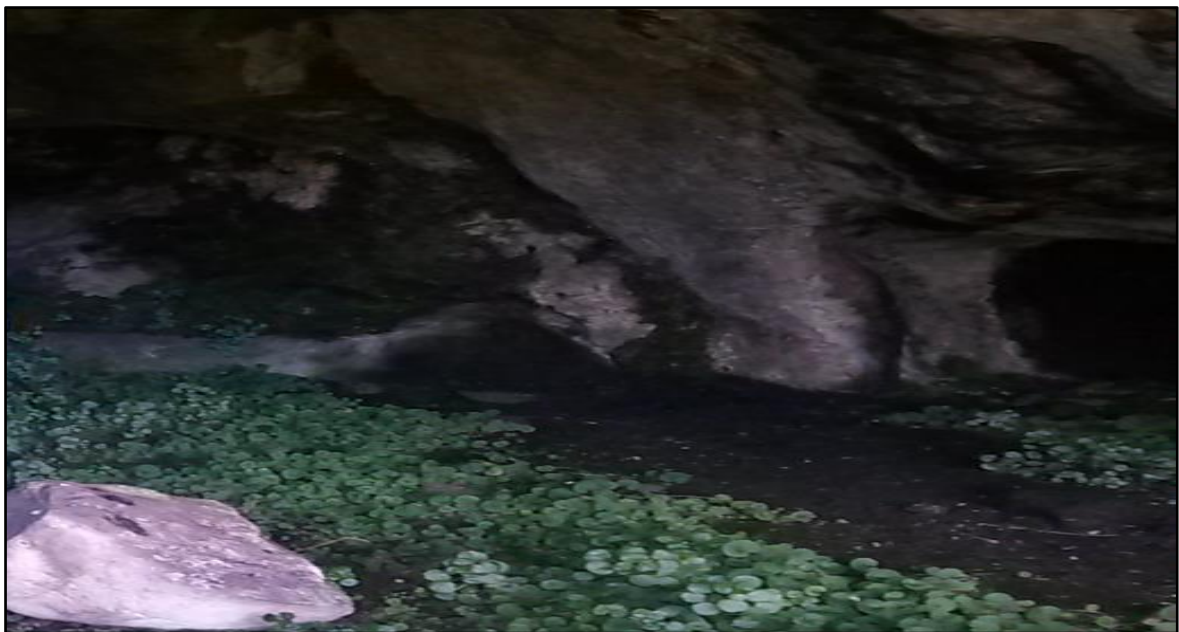


Figura 24: Cavernas ubicado en el cerro Cueva Negra, en el afloramiento de la Formación Yumagual.

### **3.1.7. GEOLOGÍA LOCAL**

#### **3.1.7.1. Estratigrafía**

Dentro de la microcuenca Muyoc, se ha encontrado unidades estratigráficas, que van desde la era Mesozoica Cretácico inferior hasta la era Cenozoica Cuaternario Reciente. Litología es a ciencia que estudia el origen, evolución y clasificación de las rocas.

Dentro de la microcuenca, la litología es de origen sedimentario, se han formado en una cuenca, depresión o fondo marino y/ o lagunar, tal es así que tenemos rocas:

- a.** Calizas, son rocas sedimentarias formadas por la precipitación del carbonato de calcio en regiones batiales y abisales de los fondos marinos (Ca CO<sub>3</sub>).
- b.** Margas, son roca calcárea compuesta por minerales de calcita 78 % y arcilla 22 %.
- c.** Areniscas, son rocas sedimentarias clásticas, resultado de la consolidación de granos de arena, compuestos mayormente de cuarzo (Si O<sub>2</sub>) y feldespatos (familia de minerales silicios – aluminosos, potásicos, sódicos y/o cálsicos).
- d.** Lutitas, son rocas formadas por consolidación de partículas muy finas, arcillas (partículas finas generalmente de silicatos, caolín. Bentonita, montmorillonita), con presencia de estructura laminar, muy fina.
- e.** Cuarcitas, son rocas metamórficas producto de la recristalización de las rocas con alto contenido de cuarzo (Si O<sub>2</sub>).
- f.** Conglomerado, roca sedimentaria compuesta de (cantos) trozos de rocas transportadas o rodados, por las aguas y que finalmente han quedado unidos por una matriz fina de arena, limo arcilla.

#### **3.1.7.2. Grupo Puyllucana / Unidades Litoestratigráficas**

En la microcuenca se ha encontrado las siguientes Formaciones geológicas:

##### **Formación Yumagual**

La Formación Yumagual consiste en una secuencia de calizas y margas gris parduscas en bancos más o menos uniformes, destacando un miembro medio lutáceo margoso, amarillento, intercalan bancos calcáreos (Llanura de Huanico).



Esta Formación rocosa, pertenece a la era Mesozoica, sistema Cretácico Superior, y se encuentra presente en los centros poblados de El Verde, Huanico, Cushuro, Cerro Chiriconga, Cerro Cueva Negra, y Cerro Pachachaca.



Figura 25: Afloramiento de la Formación Yumagual ubicada en el cerro Chiriconga.

**Edad y correlación:** Se han encontrado calizas con especímenes del Albiano y parte temprana del Cenomaniano. Se correlaciona con la parte inferior del Grupo Pulluicana y con la parte baja de la Formación Jumasha del centro del Perú.

#### **Formación quilquiñan- mujarrum**

Esta Formación rocosa pertenece a la era Mesozoica sistema Cretácico Superior y se encuentra presente en: La Laguna, Cerro Patil y Cerros El Verde. Y está constituida en la base por una gruesa secuencia de calizas nodulares macizas, seguida de una intercalación de margas y lutitas amarillentas con abundantes fósiles del generonexogyra, continúan delgados lechos de calizas nodulares con margas pardo amarillentas, también fosilíferas, finalmente bancos de calizas claras, con lutitas arenosas y margas delgadas.



Figura 26: Contacto geológico entre la Formación Quilquiñán y depósitos cuaternarios.

**Edad y correlación:** La fauna identificada en la Formación Mujarrum y Formación Quilquiñán ubica a estas unidades entre el Cenomaniano medio y el Turoniano inferior.

### **Formación Cajamarca**

Esta Formación rocosa, pertenece a la era Mesozoica, sistema Cretácico Superior, y se encuentra presente en: Guelilla, Cerro Campanario, Cerro grande y Cerro Huacacocha. Está constituida por calizas gris oscuras y macizas, en bancos gruesos con escasos fósiles, con delgados lechos de lutitas y margas con abundante fauna fósil y de los mismos colores, por intemperismo toman el color gris.





Figura 27: Lenares, característicos en la Formación Cajamarca.

**Edad y correlación:** el Coilopocerasneweli asigna a la Formación Cajamarca la edad perteneciente al Turoniano superior. Se correlaciona con la parte superior de la Formación Jumasha de los andes centrales del Perú.

### **Formación Chota**

Esta formación rocosa, pertenece a la era Mesozoica, sistema Cretácico Superior, y se encuentra presente entre los Cerros Cueva Negra y Cerros La Fila del Cocán. Y está constituido por un conglomerado calcáreo gris redondeados y sub redondeados de calizas en una matriz arenosa, y areniscas rojizas intercaladas con bancos de arenas tobáceas, de colores claros, verdosos y violáceos.

#### **3.1.7.3. Depósitos cuaternarios recientes**

##### **Fluvioglaciares**

Se encuentran morrenas glaciares compuestas por fragmentos de caliza del cretácico superior. El límite inferior de las morrenas queda cerca a la cota 3600 msnm.

### **Glaciares**

Los depósitos glaciares están constituidos por una grava en matriz areno – arcillosa con abundante material anguloso. Estos depósitos, pertenecen a la era Cenozoica, sistema Cuaternario Pleistoceno, y se encuentra presente en: Pampa Huanico, Muyoc, Mishacocha y Pampa Pachachaca. Y está constituido por materiales depositados y acumulados por los glaciares, tales como morrenas, tills, se caracterizan por la gran heterogeneidad de sus fragmentos tanto de forma como en el tamaño, viene a ser grava en matriz areno- arcillosa con abundante material angulosos proveniente de las rocas circundantes (Formaciones Yumagual, Quilquiñan Mujarrum, Cajamarca).

### **Lagunares**

Estos depósitos, pertenecen a la era Cenozoica, sistema Cuaternario Pleistoceno. Y está conformado por la acumulación de materiales dentro de una cuenca continental laguna, y se caracterizan por que sus materiales están poco clasificados, contiene trozos de rocas con poco transporte y otros con gran transporte, materiales de diferentes tamaños, con alternancia de materiales muy finos arcillosos. La composición litológica es variada, tales como cuarcitas, areniscas, lutitas, calizas margosas.

### **Fluviales**

Estos depósitos, pertenecen a la era Cenozoica, sistema Cuaternario Reciente, y se encuentra presente en: Río Muyoc. Y está constituido por clastos o materiales transportados, depositados y acumulados en los cauces y terrazas de los ríos y son de diferente litología tales como cuarcitas, areniscas, lutitas, calizas y de diferentes tamaños.

### **Coluviales**

Están representados por escombros de laderas que sin mayor transporte se ha depositado en los flancos de los valles. Están constituidos por material detrítico subanguloso, distribuido en escasa matriz limoarcillosa y arenosa, algunas veces forman depósitos de deslizamiento que varían desde superficiales hasta de mediana profundidad.

### **3.1.8. GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

Dentro del área de estudio podemos apreciar las estructuras regionales siguientes:

#### **3.1.8.1. Pliegues**

Se observó la deformación de las rocas debido a las fuerzas de compresión y también a las propiedades de plasticidad que presentan estas rocas.

##### **Sinclinal**

Tenemos un Sinclinal volcado, con rumbo o dirección promedio de 45° Nor Oeste a Sur Este, cuyos ejes pasan por los cerros: Cueva Negra, Pachachaca y Cerro Lluni, que se proyectan al cerro Chiriconga.

##### **Anticlinal**

Continuando con el mismo dominio estructural se presentan Anticlinales seguidos de los Sinclinales con una dirección promedio de 45° Nor Oeste, observándose en el cerro Lluni un anticlinal continuando el plegamiento hacia el sur, tal como puede apreciarse una sucesión de pliegues anticlinales y sinclinales en los cerros Carhuaquero, Vizcacha, Tragadero, El Verde, los mismos que se prolongan paralelamente a los anteriores, hacia los cerros Huacacocha, Campanario, Shuito, Piticunca, Caballo, Patillo.

Más hacia el sur de la micro cuenca Muyoc nuevamente tenemos estructuras plegadas como anticlinales y sinclinales con menor rumbo o dirección que fluctúa entre 15° y 35° Nor Oeste a Sur Este.

#### **3.1.8.2. Fallas regionales**

##### **Falla inversa**

En el cerro Cueva Negra tenemos una falla inversa de escurrimiento hacia el Sur Oeste, con dirección o rumbo promedio de 50° Nor Oeste – Sur Este, y se prolonga por el Nor Oeste al cerro Vigos hasta Chalhuayacu.

##### **Falla normal**

En el área de estudio tenemos 02 fallas regionales, una de ellas cruza a los Cerros: Shuito, Caballo, Norte de El Verde y se extiende por el Nor Oeste hasta el Cerro Quinuas.

### 3.1.8.3. Fallas locales

Son fallas de menor extensión, dentro del área de estudio tenemos varias fallas geológicas normales, con direcciones indistintas en promedio de Este 35° Oeste, Nor Este 20° Sur Oeste, este tipo de fallas están presentes en los cerros Tragadero, Tandayoc.

### 3.1.9. HIDROLOGÍA

Según la Autoridad Nacional de Agua (ANA), la microcuenca Muyoc se encuentra administrada por Autoridad Administrativa del Agua VI Marañón (AAA - VI Marañón), y localmente por la Autoridad Local del Agua – 39 Crisnejas (ALA – 39 Crisnejas).

#### 3.1.9.1. Caracterización Hidrográfica

Hidrográficamente la microcuenca Muyoc, pertenece a la cuenca del río Crisnejas, conformante del sistema hidrográfico del río Marañón; colinda hacia el norte con la cuenca del río Tallambo, hacia el este con las cuencas de los ríos Miriles, Molino y Labachota, al sur con la cuenca del río Cascasén y quebrada Saparcón y hacia el oeste con las microcuencas de los ríos La Quinua, Chucsén. Esta delimitación y la fisiografía dominante, configuran un espacio colector de aguas alargado y algo estrecho profundo en la parte intermedia entre las planicies de la jalca y el valle con las siguientes características fisiométricas:

Tabla 12: Parámetros Fisiomorfométricos de la Microcuenca Muyoc.

PARÁMETRO	VALOR
Área	79.73 km <sup>2</sup>
Perímetro	42.26 km
Longitud del Cause principal (microcuenca)	5.23 km
Pendiente de Cause Principal	2.86 °

#### 3.1.9.2. Red hidrográfica

Otra característica importante que interviene enormemente en la magnitud de los escurrimientos es la red de drenaje consistente en una serie de cauces por donde fluye el agua de manera superficial, subsuperficial o subterránea. Su importancia radica en la eficiencia de drenaje de la cuenca que además es un indicador de las



condiciones del suelo y de la superficie de la misma. Esta red se describe de acuerdo a la clase y densidad de corrientes, longitud de los tributarios y de drenaje. En el caso de la microcuenca Múyoc predominan cauces de clase: temporal, intermitente y permanente. Los primeros conducen agua solo durante las lluvias y por un poco tiempo después de ellas, siendo el caso de la mayoría de quebradas de la parte alta de la cuenca y de algunas de la parte media y baja. La forma intermitente se da cuando el flujo cesa en una parte del cauce y se repite nuevamente aguas abajo, como efecto de infiltraciones y afloramientos alternados; se presenta más en la parte alta y media de la cuenca, siendo esta una característica del mismo río Múyoc en varios tramos de su recorrido. Los cauces de régimen permanente, son los que tienen agua todo el tiempo ya que en épocas de estiaje son abastecidos por las aguas freáticas; éstos son menores en la microcuenca, predominando en su parte media en donde el aporte del flujo subterráneo es más notorio. La red de drenaje está constituida por el río Múyoc como curso principal (el cual se extiende entre las cotas 3,700 y 3,400 msnm) y una serie de quebradas de características diversas que se concentran en la parte media y baja de la microcuenca. Sobre la planicie de Huanico, origen de la cuenca, se presentan pequeños cauces no profundos, casi rectos, de pendiente baja, generalmente sin agua superficial, pero con afloramientos freáticos que constituyen las fuentes de mayor aporte de agua al río. La vertiente derecha es la más frondosa, con una gran ramificación de quebradas sinuosas y accidentadas, que de manera intermitente alimentan con pequeños caudales al río.

### **3.1.9.3. Inventario de fuentes de agua**

#### **Río Múyoc**

Se origina de los aportes de agua de la llanura saturada de Huanico, alimentada principalmente por tres manantiales permanentes: Los perolitos (12Lt/s), Cueva Negra (8Lt/s) y Challuario (45Lt/s). Como curso, el Múyoc, se origina de la quebrada en donde aflora el manantial Cueva Negra (3,700msnm) que al unirse con la vertiente del Challuario, forma su cauce, el que va profundizándose en la margen izquierda de la llanura hasta el poblado de Huanico, de allí el agua viaja a través de un conducto subterráneo hasta el lugar denominado “El Pozo”, donde aflora y corre superficialmente en baja pendiente, en un lecho de terrenos llanos de excesiva humedad, causados por el aporte de escurrimientos subsuperficiales y

subterráneos en ambos márgenes, hasta un punto más abajo del poblado de Múyoc. De la cota 3400 msnm, la pendiente va incrementándose y el cauce se hace más abrupto y profundo, manifestándose en caídas apreciables a la altura del cerro Aguililla conocidas como las “cataratas” de Múyoc (de difícil acceso, aunque sí de gran atractivo), al pie de las cataratas nuevamente las aguas se infiltran, aflorando antes de pueblo denominado Chiquinda (3200 msnm) donde es alimentado por un afloramiento que proviene desde El Verde (20Lt/s). Posteriormente (2700 msnm) el flujo es superficial, la mayoría de afluentes del río se concentran en este tramo, su pendiente se va reduciendo y se hace suave hacia el valle de la parte baja de la cuenca, donde la amplitud de su cauce se incrementa hasta unos 200m, su lecho sinuoso es pedregoso, con vestigios del material de arrastre que se produce durante los periodos lluviosos y en todo este trayecto se da el mayor aprovechamiento del agua en el riego y se manifiestan los fenómenos de deslizamiento, erosión de márgenes e inundación ribereña. Todos estos caudales fueron hallados y calculados en campo.

### **Quebradas**

Como ya se indicó constituyen la red de drenaje de la cuenca y se concentran en la parte media y baja de la misma, con mayor ramificación en la margen derecha. En la parte alta destaca la quebrada el Milagro con aguas de afloramiento en su parte media que se infiltra y permanece en el resto de su cauce seco; no obstante, se aprovecha mientras dure el flujo, a través de un buen número de canales pequeños y tomas laterales para el riego de pastos en ambas márgenes. En la margen derecha destaca la quebrada Las Pajas, de una frondosa ramificación. Sin embargo, en la época de estiaje (mes de setiembre) los cursos son mayormente secos, con algunas manifestaciones de flujo continuo, alimentadas básicamente por la descarga de un mayor número de manantiales en sus áreas colectoras, y otros cauces de presencia de agua en ciertos tramos que luego se infiltran.

### **Lagunas**

Dentro de la Microcuenca Múyoc encontramos numerosas lagunas, lagos y bofedales de las cuales se han considerado solo las de mayor tamaño como son la laguna Mishacocha Hembra, la laguna Mishacocha Macho y la laguna Grande.

La denominada Laguna Grande, se ubica sobre la Llanura de Huanico camino a Campo Alegre, llega a secarse entre agosto y setiembre, sirviendo también como bebedero, albergue de aves silvestres y recarga freática. Las lagunas Mishacocha Macho y Hembra que se ubican en el límite superior de la microcuenca, no son aprovechadas en actividades productivas por su desnivel y en cierto modo estarían recargando la napa en la pampa Huanico y llanura de Múyoc. Por otro lado, la depresión conocida como La Laguna, entre La Huaylla y Chuquiamo, es alimentada por el aporte de agua freática en el riego de los terrenos de cultivo aledaños, siendo drenada en parte y reutilizadas nuevamente aguas abajo.

## **3.2. PROCEDIMIENTOS**

### **3.2.1. Etapas**

#### **Etapas preliminar de gabinete**

En esta etapa se realizará la compilación bibliográfica de toda la información existente de trabajos realizados sobre el área de estudio.

#### **Etapas de campo**

En esta etapa se realizará la delimitación de la microcuenca en estudio, teniendo en cuenta las zonas más apropiadas para la recolección de datos.

**Cartografiado geológico.** - El levantamiento geológico de la zona, reflejando los elementos y unidades estratigráficas más significativas, el cual fue a una escala 1/50 000. En este cartografiado se obtuvo datos de campo como la litología, plegamientos, fracturas y fallas, se definió las unidades estratigráficas en base a las principales características geológicas.

Dicho trabajo se inició con el permiso de las autoridades locales para poder realizar el estudio geológico e hidrogeológico, luego un reconocimiento general del área de estudio, así como su descripción respectiva de las características topográficas y geomorfológicas para la planificación de los viajes a realizar, identificándose así las quebradas, ríos y acuíferos libres.

**Cartografiado hidrogeológico.** - Este se realizó a escala 1/50 000 para identificar las principales características hidrogeológicas, los principales afluentes y manantiales (acuíferos libres) en los cuales se midió su Ph y caudal.

### **Etapa de gabinete**

Se realizó el procesamiento de la información obtenida en campo a través de cartografiados de tomas fotográficas, muestreo, donde utilizaremos el computador con aplicaciones de software geológicos como el ArcGis 10.2, Global Mapper 12, AutoCad y Excel. Finalmente, esta etapa comprende la redacción final de la tesis, para la presentación y sustentación.

## **3.2.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación, es descriptiva, explicativa no experimental y transversal en el tiempo.

### **3.2.2.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo, explicativo y correlacionado.

### **3.2.2.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

El diseño de la investigación desarrollado es por objetivos y descriptivo basado en las características encontradas en campo.

### **3.2.2.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Los métodos de investigación son: Cuantitativa, Descriptiva, analítica, comparativa, deductiva y explicativa.

### **3.2.2.5. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

Microcuenca Muyoc, Distrito de Namora, provincia de Cajamarca.

### **3.2.2.6. MUESTRA DE ESTUDIO**

Todos los manantiales que se encontraron en la prospección de campo.

### **3.2.2.7. UNIDAD DE ANÁLISIS**

Se estudiado los componentes de las variables geológicas que se encuentran en la zona de estudio como la geología, geomorfología, hidrología, geohidrología y los parámetros Físicos (Caudal) y químicos (PH).

### 3.2.3. DEFINICIÓN DE VARIABLES

#### 3.2.3.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

**Litología:** Son rocas que se forman por acumulación de sedimentos que son partículas de diversos tamaños que son transportados por el hielo, agua o el aire y sometidos a procesos físicos y químicos, dan lugar a materiales más o menos consolidados.

**Geomorfología:** Este aspecto interesa a la hidrología tanto superficial como subterránea, ya que el relieve da lugar a la Formación de las cuencas hidrográficas, indicando así el camino que seguirá el agua al caer a la superficie.

**Parámetro Físico (Caudal):** Es la cantidad de fluido, medido en volumen, que se mueve en una unidad de tiempo.

**Parámetro Químico (PH):** Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.

#### 3.2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

**Potencial Hidrogeológico:** El Potencial Hidrogeológico se define de acuerdo a las condiciones existentes en cada lugar. Se puede decir que ciertas zonas cuentan con un alto potencial y otras con bajo potencial hidrogeológico. No obstante, estas diferencias en la práctica pueden ser resueltas, y así dar una posibilidad factible de solución a la problemática.

### 3.2.4. TÉCNICAS

#### 3.2.5. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

Durante el desarrollo de la presente tesis, fue necesario de aplicar técnicas de observación, descripción e interpretación, a través de trabajos de campo y gabinete, así como el empleo de materiales y equipos, tales como:

- ✓ **Plano de topográfico:** se utiliza como base para el reconocimiento geológico en el sistema (WGS 84). (1/50 000).
- ✓ **Plano geológico:** del cuadrángulo geológico de San Marcos (1/50 000).
- ✓ **Plano hidrológico:** coordenadas UTM WGS 84. (Escala: 1/50,000),
- ✓ **Libreta de campo:** utilizado para la anotación de puntos y datos.

- ✓ **Lápiz, lapiceros y marcadores:** se utilizó para anotaciones de datos tomados en campo.
- ✓ **GPS (*Global Positional System*)** Garmin, se utilizó para la ubicación espacial de las columnas estratigráficas; a través de sus coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator).
- ✓ **Brújula Brunton:** para medir rumbo y buzamientos de estratos.
- ✓ **Protactor:** para realizar la lectura de Planos a escala.
- ✓ **Picota:** para obtener muestras frescas de rocas de los estratos.
- ✓ **pH-metro:** sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de las fuentes de agua.
- ✓ **Recipiente y cronómetro:** se utilizó para realizar el aforado de las fuentes de agua.

### 3.3. HIDROGEOLOGÍA

#### 3.3.1. TIPO DE ROCAS Y SU PERMEABILIDAD

Teniendo como referencia la microcuenca delimitada por las partes más altas de los Cerros, el tipo de rocas que aflora en estas partes son:

- Consiste en una secuencia de margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes moderadamente fracturadas: pertenecientes a la Formación Yumagual, por lo tanto, se puede afirmar que estas Formaciones aportan a la recarga del acuífero, por tener alta porosidad y debido a su fracturamiento una moderada permeabilidad.
- Capas de lutitas: las cuales están fracturados en gran parte debido a los eventos tectónicos a los que ha estado sometida la cuenca sedimentaria, éstas poseen porosidad secundaria debido a que necesitan fracturamiento para ser permeables.
- Depósitos fluviales no consolidados: se encuentran en la parte baja o en las cotas más bajas, ésta puede considerarse como la zona de descarga del acuífero; asimismo estos depósitos presentan alta porosidad y permeabilidad.

Tabla 13: Rangos de valores del coeficiente de permeabilidad para diferentes clases sedimentaria (Costantinidis,1970).

<b>UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS</b>	<b>PERMEABILIDAD (m/seg)</b>
Depósitos cuaternarios no consolidados	$3.5 \times 10^{-3}$
Depósitos Aluviales	$3 \times 10^{-3}$
Caliza moderadamente fracturada	$1.0 \times 10^{-5}$

Fuente: Costantinidis,1970.

### **3.3.2. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA**

#### **a. Humedales**

Se presentan algunas áreas sobresaturadas con vegetación natural, que retienen agua de manera permanente, llegando a extenderse en los espacios topográficos hasta niveles en que empiezan a drenar por la configuración superficial o por ductos internos según la con formación geológica de los terrenos. Por lo general se aprovechan en el pastoreo de ganado. La misma pampa de Huanico es el humedal de mayor importancia (450ha), la franja ribereña entre Bella Unión y Múyoc (45ha) y otros espacios menores en llanos de Campo Alegre y El Milagro (10ha en total).

#### **b. Manantiales**

Los manantiales son las fuentes de agua más importantes de la microcuenca, tanto por su número como por su utilidad (usos pecuario y doméstico), no así por el volumen de sus descargas, estas fuentes no llegan a incrementar de manera apreciable sus caudales en los periodos lluviosos (con excepción de algunos), comparativamente con las fuentes superficiales, de tal modo que resultan escasos para un abastecimiento extenso para riego y uso doméstico, pero su fortaleza radica en sus descargas permanentes. Se han inventariado alrededor de 200 manantiales con caudales por lo general de muy bajos (0.01-0.10Lt/s) a bajos (0.11-0.65Lt/s), que para su aprovechamiento se retienen en pequeños pozos rústicos de tierra o a veces de concreto y para usos múltiples y sin los cuidados de salubridad. El aporte en conjunto de estas fuentes en el mes más crítico de estiaje (setiembre) implican un caudal de alrededor de 380Lt/s. Los manantiales, siguen siendo las fuentes primordiales de abastecimiento de agua potable a los núcleos



poblacionales, con sistemas formales de infraestructura básica, sin embargo, en algunos casos no puede extenderse este servicio a otros sectores de la población por las dificultades de acceso, alto costo de inversión y oposiciones en las autorizaciones de uso.

Como se anotó antes, los manantiales más importantes por sus descargas se ubican en la pampa de Huanico (Los Perolitos, Cueva Negra, Challuario).

Por las características geológicas de la cuenca, los afloramientos de estos manantiales corresponden en la parte alta a manifestaciones de formaciones saturadas (diaclasas), horadaciones y galerías en calizas (tragaderos), fallamientos y semiconfinamientos. En la parte media y baja se corresponden más a deyecciones sobre Formaciones impermeables, depósitos aluvionales y terrenos más homogéneos.

### **3.3.3. ÁREAS DE RECARGA HÍDRICA**

Se ha venido señalando algunas áreas de recarga hídrica, como lagunas y humedales, a los cuales hay que añadir lugares con depresiones de terreno denominadas sumideros, como las existentes en Nueva Manzanilla (Los Chugures, Los Tuyos, Tragadero), Múyoc (Carhuaquero), Bella Unión (Tambo), Chiriconga, Campo alegre, Huanico (El Callejón, El Milagro), encontramos capas de lutitas, que poseen porosidad secundaria debido a que necesitan fracturamiento para ser permeables y los depósitos fluviales no consolidados: se encuentran en la parte baja o en las cotas más bajas, ésta puede considerarse como la zona de descarga del acuífero; asimismo estos depósitos presentan alta porosidad y permeabilidad.



Figura 28: Recarga de agua en depósitos fluvio-aluviales zona el Milagro.

### **3.4. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### **3.4.1. LITOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA COMO FACTORES QUE CONDICIONAN LA PRESENCIA Y EL MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

La presencia y el movimiento del agua subterránea están condicionados por ciertos factores entre los que se cuentan como más importantes la forma del terreno y la geología. (Maderrey, 2005).

##### **Forma del terreno**

Este aspecto interesa a la hidrología tanto superficial como subterránea, ya que el relieve da lugar a la Formación de las cuencas hidrográficas, indicando así el camino que seguirá el agua al caer a la superficie. Por lo que se refiere a la hidrogeología, la forma del terreno es importante, porque el agua tendrá mayor o menor oportunidad de infiltrarse y, además, porque el agua infiltrada va a seguir una trayectoria determinada por dicho factor; así, en una región montañosa la

pendiente del terreno por una parte, dará más facilidad al agua para escurrir que para infiltrarse y, por otra, el agua que llegue a la zona de saturación tendrá un movimiento hacia las zonas más bajas en donde el movimiento del agua será más lento y facilitará su acumulación, o también, según la constitución del terreno, el agua puede salir en forma de manantiales en las laderas de las montañas. En una zona más o menos plana el agua tendrá mayor oportunidad de infiltrarse y habrá más facilidad de encontrar depósitos mayores de agua subterránea, ya que ahí se tiene tanto el agua infiltrada localmente como la descarga de regiones montañosas vecinas.

Las formas del terreno son fundamentales, pues en general las partes altas constituyen zonas potenciales de recarga y las bajas de descarga del flujo de agua subterránea.

Las corrientes fluviales pueden influir en el aumento de agua del subsuelo, especialmente en la época de lluvia. Las zonas de descarga, además de manantiales, pueden estar representadas por cuerpos de agua, humedales, suelos salinos, entre otros. (Maderrey, 2005).

## **Geología**

El aspecto geológico desempeña un papel muy importante en la hidrogeología, ya que la velocidad de movimiento depende de la estructura y composición litológica de las Formaciones, para que el agua pueda transitar por el subsuelo. Las diferentes Formaciones poseen ciertas propiedades que son definitivas para poder constituir buenos acuíferos. Estas propiedades son la porosidad, la permeabilidad y transmisividad.

Tabla 14: Porosidad de unidades Litoestratigráficas (Peña, 2012).

<b>Unidad Litológica</b>	<b>Descripción</b>	<b>Espesor</b>	<b>Clasificación Hidrogeológica</b>
Depósitos Cuaternarios	Depósitos morrénicos, fluvioglaciares,	25-40 m	Acuífero poroso no consolidado
	Conformado por gravas y bloques con matriz arenosa.		
Formación Cajamarca	Calizas Potentes bien estratificadas y fracturadas.	100-400 m	Acuífero Kárstico
Formación Quilquiñán	Lutitas y margas con intercalaciones de calizas marinas.	100-200 m	Acuitardo
Formación Yumagual	Secuencias de margas y calizas gris parduscas.	700 m	Acuitardo

Fuente: Peña, 2012.

Por lo general, los acuíferos tienen una alimentación directa a partir de la lluvia, nieve, condensación y está relacionada con la geología de la capa acuífera. Que corresponde al tipo de deformaciones geológicas, que presentan buenas características hidráulicas como es la una porosidad y la transmisibilidad, comprendiendo la infiltración eficaz de parte de la lluvia que llega a la napa freática, la infiltración de las aguas superficiales y una alimentación indirecta que engloba los aportes de espacios exteriores a la cuenca, que pueden ser también de medios superficiales, capas acuíferas adyacentes o de mantos profundos.

### **3.4.2. DETERMINACIÓN DE CAUDALES (PARÁMETRO FÍSICO)**

El caudal, es la cantidad de fluido que avanza en una unidad de tiempo, este fue determinado por dos métodos.

#### **Aforado**

El primero consiste en tener un recipiente con un volumen conocido (5 litros), procediéndose a tomar el tiempo en que se llena el recipiente, se lo conoce como Aforado. Fue el método más utilizado durante la investigación.

### **Sección Transversal**

El otro método utilizado fue el de sección transversal, que se determina hallando la velocidad de paso de un objeto flotante en una distancia determinada, con un área definida. Fue utilizado donde se halló canales de regadío.

$$\text{Caudal (Q)} = \text{Área (m}^2\text{)} * \text{Velocidad (m/s)}$$

### **3.4.3. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PARÁMETRO QUÍMICO)**

El pH del agua puede variar entre 0 y 14. Cuando el pH de una sustancia es mayor de 7, es una sustancia básica. Cuando el pH de una sustancia está por debajo de 7, es una sustancia ácida. Cuanto más se aleje el pH por encima o por debajo de 7, más básica o ácida será la solución.

Para la medición del pH se utilizó un electrodo de pH este es un tubo lo suficientemente pequeño como para poder ser introducido en superficies reducidas. Está unido a un pH-metro por medio de un cable. Un tipo especial de fluido se coloca dentro del electrodo; este es normalmente “cloruro de potasio 3M”. Algunos electrodos contienen un gel que tiene las mismas propiedades que el fluido 3M. En el fluido hay cables de plata y platino. El sistema es bastante frágil, porque contiene una pequeña membrana. Los iones H<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup> entrarán al electrodo a través de esta membrana. Los iones crearán una carga ligeramente positiva y ligeramente negativa en cada extremo del electrodo. El potencial de las cargas determina el número de iones H<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup> y cuando esto haya sido determinado el pH aparecerá digitalmente en el pH-metro. El potencial depende de la temperatura de la solución. Es por eso que el pH-metro también muestra la temperatura (Meseguer, 2010).

#### **3.4.3.1. Parámetros de calidad y límites máximo permisibles**

El agua potable o para consumo, debe cumplir con las disposiciones legales nacionales, a falta de éstas, se toman en cuenta normas internacionales. Los límites máximo permisibles (LMP) referenciales para el agua potable de los parámetros que se controlan actualmente, se indican en el Tabla siguiente.



Tabla 15: límites máximos permisibles de parámetros de Calidad organoléptica.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Olor	-	Aceptable
Sabor	-	Aceptable
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Conductividad (25°C)	umho/cm	1500
Sólidos totales disueltos	mgL-1	1000

Fuente: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (Cruz, 2011).

UNT= Unidad nefelométrica de turbiedad.

pH= Potencial de hidrógeno.

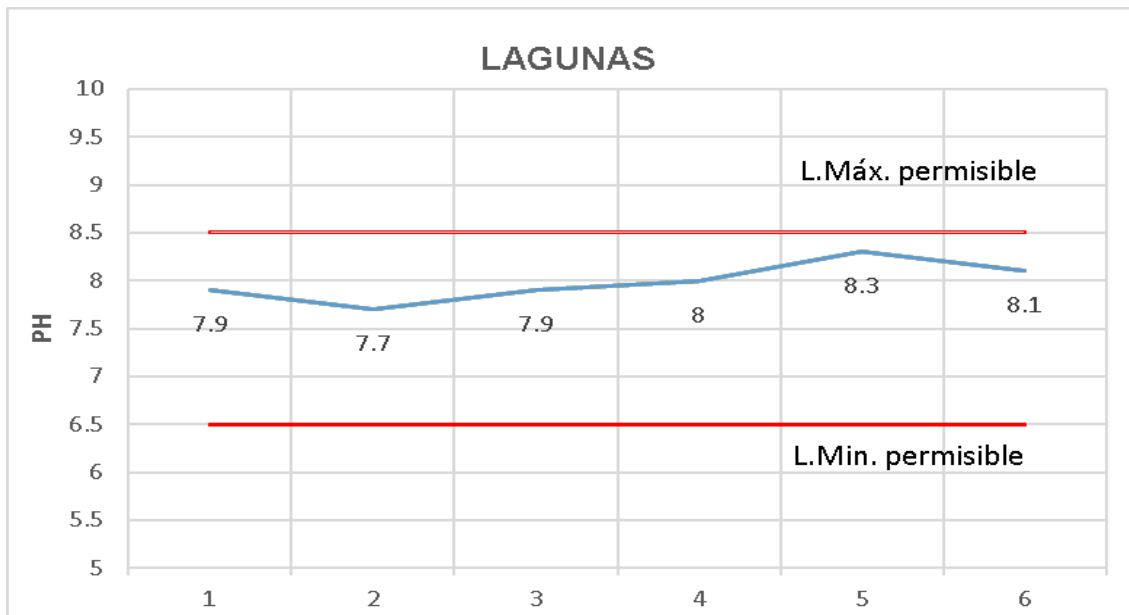
Tabla 16: Registro General de lagunas, manantiales, ríos y tomas de agua.

NOMBRE	COORDENADAS		CODIGO	PARAMETROS FISICCO/QUIMICO					GEOLOGIA	
	NORTE	ESTE		PH	CAUDAL(l/s)	POROSIDAD %	PERMEABILIDAD	TRANSMISIVIDAD	LITOLOGIA	UNIDAD GEOLÓGICA
Laguna Mishacocha Macho	9212759.3	812017.8	L2	7.9	----	----	3 X 10	-----	Limos y Arcillas	Cuaternario Glaciar
Laguna Mishacocha Hembra	9211515.2	811105.3	L1	7.7	----	----	3 X 10	-----	Limos y Arcillas	Cuaternario Glaciar
Laguna Grande 1	9208752.4	813788.5	L3	7.9	----	----	3 X 10	-----	Limos y Arcillas	Cuaternario Glaciar
Laguna Grande 2	9208876.2	813520.9	L4	8	----	----	3 X 10	-----	Limos y Arcillas	Cuaternario Glaciar
Laguna Campo Alegre	9210172	811424.9	L5	8.3	----	53%	----	-----	Calizas Grises con lutitas	Cajamarca
Laguna Cueva Negra	9211743.4	815999.2	L6	8.1	----	----	3 X 10	-----	Limos y Arcillas	Cuaternario Glaciar
<b>MANANTIALES</b>										
Cueva Negra	9214117	816824	M1	8.3	6.3				Conglomerados	Chota
Cueva Negra	9213563	816209	M2	8.2	4.8	01% - 17%	LOCALIZADA	MEDIA	Calizas y Margas	Yumagual
Callejón	9209356	812571	M3	8.1	0.1				Calizas Grises con lutitas	Cajamarca
CP. Huanico-La poza	9208193	816093	M4	7.6	12	----	10 <sup>-3</sup> X	-----	Limos y arcillas	Cuaternario Glaciar
Pachachaca	9212765	814151	M5	8.5	0.35	----	10 <sup>-3</sup> X	-----	Limos y Arcillas	Cuaternario Glaciar
El Milagro	9206858	811709	M6	8	4	01% - 17%	LOCALIZADA	MEDIA	Calizas y Margas	Yumagual
El Milagro	9206846	811964	M7	8.2	0.7	01% - 17%	LOCALIZADA	MEDIA	Calizas y Lutitas	Yumagual
CP. Muyoc	9204976	817268	M8	8.2	2	01% - 17%	LOCALIZADA	MEDIA	Calizas y Lutitas	Quilquiñam Mujarrum
CP. Muyoc	9206404	816607	M9	8.2	3.5	----	10 <sup>-3</sup> X	-----	Limos y Arcillas	Cuaternario Glaciar
CP. Muyoc	9206787	816270	M10	8.2	2.5	----	10 <sup>-3</sup> X	-----	Limos y Arcillas	Cuaternario Glaciar
<b>RIOS /QUEBRADAS</b>										
CP. Muyoc	-----	-----	R1	7.7	300	----	10 <sup>-3</sup> X	-----	Limos y Arcillas	Cuaternario Glaciar
<b>TOMAS DE AGUA</b>										
Cueva Negra	9213903	816635	T1	8.2	-	53%	----	-----	Calizas Grises con lutitas	Cajamarca
El Chorro	9208952	818454	T2	8.3	-	53%	----	-----	Calizas Grises con lutitas	Cajamarca
Tallambo	9212986	817148	T3	7.4	-	53%	----	-----	Calizas Grises con lutitas	Cajamarca
Campo Alegre	9208843	809797	T4	7.8	-	53%	----	-----	Calizas Grises con lutitas	Cajamarca
Yerba Buena P. Alta	9211948	816805	T5	7.5	-	01% - 17%	LOCALIZADA	MEDIA	Calizas y Margas	Yumagual
El Milagro	9206682	811417	T6	7.9	-	01% - 17%	LOCALIZADA	MEDIA	Calizas y Margas	Yumagual
El Milagro 2	9206628	811858	T7	8.3	-	01% - 17%	LOCALIZADA	MEDIA	Calizas y Margas	Yumagual
El Milagro 3	9206658	811757	T8	8.1	-	01% - 17%	LOCALIZADA	MEDIA	Calizas y Margas	Yumagual
El Milagro 4	9206665	811494	T9	8	-	01% - 17%	LOCALIZADA	MEDIA	Calizas y Margas	Yumagual
El Milagro 5	9206769	812714	T10	8.1	-	01% - 17%	LOCALIZADA	MEDIA	Calizas y Lutitas	Quilquiñam Mujarrum

De acuerdo al Tabla 31, 32 y 33 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.

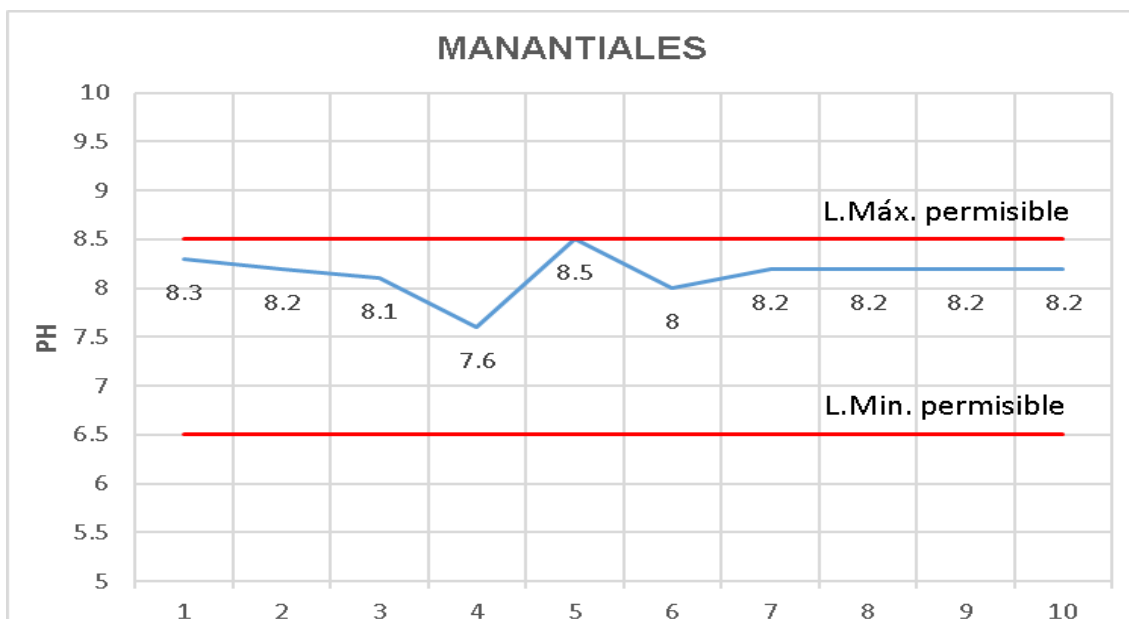
**a. pH**

Tabla 17: Análisis de pH de lagunas, según los límites máximo permisibles.



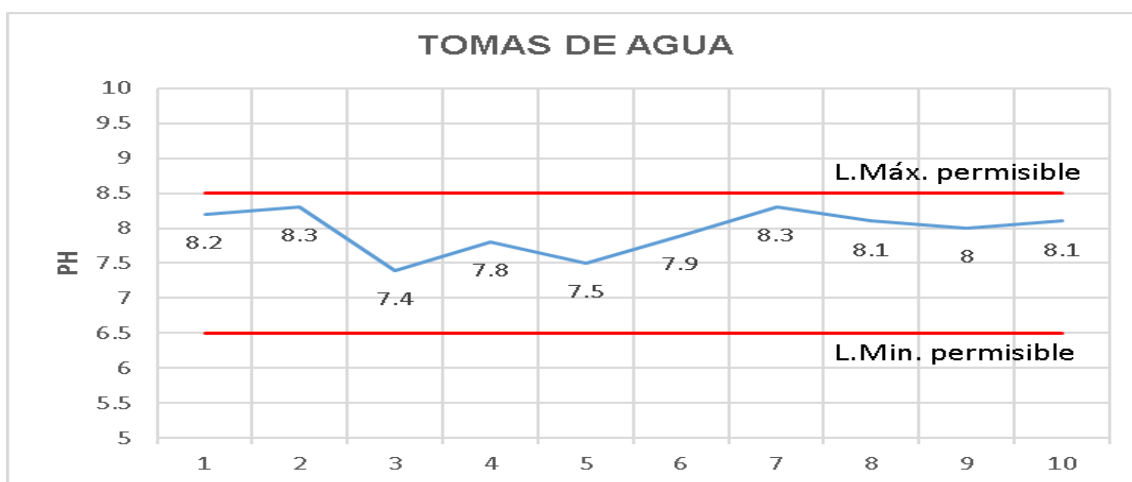
Fuente: Propia.

Tabla 18: Análisis de pH de manantiales, según los límites máximo permisibles.



Fuente: Propia.

Tabla 19: Análisis de pH de tomas de agua, según los límites máximo permisibles.



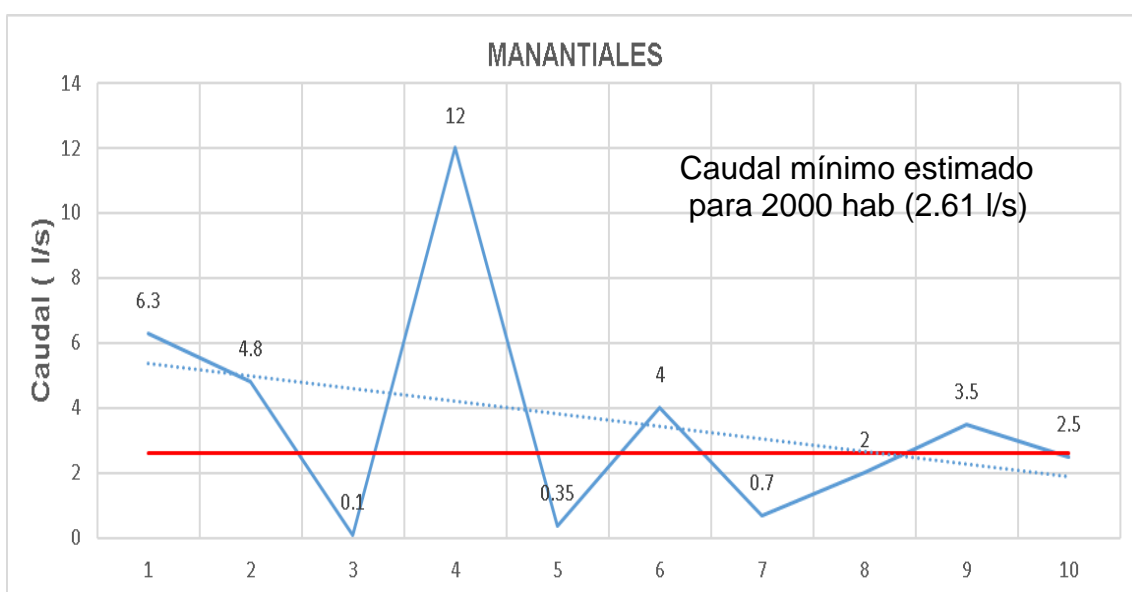
Fuente: Propia.

De acuerdo a la estadística que el pH representa, éste se encuentra dentro del límite permisible, esto debido a que en el trayecto se encuentra rocas calizas (carbonato de calcio) lo que hace que disminuya el pH.

También se tuvo en cuenta el caudal de los manantiales inventariados que se observan en el Tabla 35, reflejando un caudal promedio de 3 l/s, encima del caudal estimado necesario para el consumo diario de 2000 habitantes.

### b. Caudal

Tabla 20: Análisis de caudal de manantiales, indicando el caudal mínimo estimado para 2000 hab. (2.61 l/s).



Fuente: Propia.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Para determinar el potencial hidrogeológico de la microcuenca Muyoc se estudió la geología local, la geomorfología y la hidrología; midiendo el caudal de los manantiales y así como el análisis químico (PH) de las muestras de agua, definiendo e inventariando acuíferos potenciales de la microcuenca; determinando así, el potencial de esta en cuanto a calidad y cantidad.

Por lo general, los acuíferos tienen una alimentación directa a partir de la lluvia, nieve, condensación, etc., y está relacionada con la geología de la capa acuífera. Que corresponde al tipo de Formaciones geológicas, que presentan buenas características hidráulicas como es la una porosidad y la transmisibilidad, comprendiendo la infiltración eficaz de parte de la lluvia que llega a la napa freática, produciendo la infiltración de las aguas superficiales y una alimentación indirecta que engloba los aportes de espacios exteriores a la cuenca, que pueden ser también de medios superficiales, capas acuíferas adyacentes o de mantos profundos.

Los ambientes hidrogeológicos o medios Permeables lo poseen los depósitos fluvio-aluviales no consolidados y glaciares, debido a que siempre presentan humedad, cabe recalcar que éstos siempre tienen vegetación y poseen un espesor considerable de suelo orgánico, arenas y gravas mezcladas entre sí, es decir cuando pasa el agua casi la mayor parte de ésta se infiltra por sus poros, constituyendo una fuerte zona de recarga.

Los depósitos fluvio-aluviales no consolidados y glaciares, están sobre las Formaciones Cajamarca, Quilquiñam y Yumagual que se comportan como base los estratos de calizas, margas y lutitas, esto permite que esta área posea manantiales propios, como se puede apreciar en el plano hidrogeológico.



Entonces podemos ver al depósito cuaternario que actúan como aportador y transmisor de masas de agua, en donde se comporta conjuntamente con estratos infayacentes de calizas, margas y lutitas como un sistema acuífero independiente, esto se evidencia en la parte Nor Oeste de la microcuenca parte Alta y en la Parte central superior de la microcuenca Muyoc. La pendiente en estas zonas es muy suave (0 a 8 %), entonces condiciona mucho más tal efecto.

Las áreas de recarga hídrica si bien están localizadas en las partes altas de la cuenca, es importante distinguirla por sus características geomorfológicas, climáticas y cobertura vegetal (que lo limitan en muchos casos sólo al pastoreo la actividad expansionista de los pobladores) ya que pueden ser reordenadas para propiciar una mayor infiltración de agua a los almacenamientos subterráneos. No obstante, adicionando a estas zonas, se considera que todas las partes elevadas de la microcuenca son las áreas más importantes de recarga hídrica, especialmente desde la parte media a alta de la cuenca en cuyas vertientes y laderas se manifiestan el mayor número de afloramientos de agua subterránea o manantiales lagunas y humedales, a los cuales hay que añadir lugares con depresiones de terreno denominadas hondonadas, como las existentes en Nueva Manzanilla (Los Chugures, Los Tuyos, Tragadero), Múyoc (Carhuaquero), Bella Unión (Tambo), Chiriconga, Campo alegre, Huanico (El Callejón, El Milagro).

En este sentido, siguiendo la línea de cumbres de la cuenca, la franja de mayor potencial de recarga se extiende desde Laguna Grande en dirección al centro poblado de Huanico por lo que llega a alcanzar niveles superiores a los 3700 msnm. El Potencial Hidrogeológico de la Microcuenca Muyoc es significativo en términos de cantidad y calidad de agua.

Para lo cual se llegó a los siguientes resultados:

#### **a. Cantidad de agua de origen subterráneo (manantiales)**

En la presente tesis se pudo probar que la cantidad de agua que contiene la microcuenca es significativa.

Tabla 21: Caudal promedio y caudal total de la microcuenca Muyoc.

<b>Unidades</b>	<b>Promedio</b>	<b>Caudal total</b>
<b>(litros/segundo)</b>	3.62	36.25

El caudal promedio es de 3.62 litros por segundo con un caudal total de 36.25 litros por segundo. En un día con 36.25 l/s se obtiene un promedio de 3,132,000 litros, según el Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento refiere que el consumo básico de agua potable en áreas rurales debe ser de 120 litros/habitante/día, por lo tanto, alcanzaría para 26,100 habitantes, esto es más que suficiente para la cantidad de habitantes que se encuentran en la zona de influencia.

Según el balance hídrico se puede observar que se tiene un buen potencial hídrico en relación a la demanda poblacional, incluso se podría almacenar una cantidad para las épocas de estiaje.

#### **b. Calidad de agua (pH)**

En la presente tesis se pudo probar que la calidad de agua de cualquier tipo de captación, ya sean manantiales, lagunas y ríos; en cuanto al grado de acidez que contiene la microcuenca, está dentro de los límites máximos y mínimos permisibles aceptables según el reglamento de la calidad del agua para el consumo humano que da La Dirección General de Salud Ambiental, mayor a 6.5 y menor a 8.5.

Tabla 22: Promedio del grado de acidez de manantiales, lagunas y ríos.

	<b>Promedio</b>
<b>pH</b>	8.08

#### **C. Acuíferos hidrogeológicamente Potenciales**

En el área se identificó gran cantidad de manantiales de diferentes tipos, de estos últimos se caracterizó los más confiables y se los eligió por su accesibilidad y representatividad: de estos se identificó 10 manantiales, los cuales se aforo y monitoreo su comportamiento.

Tabla 23: Registro de Manantiales Hidrogeológicamente Potenciales.

<b><u>MANANTIALES</u></b>	<b><u>COORDENADAS</u></b>		<b><u>PARÁMETROS F/Q</u></b>		<b><u>GEOLOGIA</u></b>	
<b><u>NOMBRE</u></b>	<b><u>NORTE</u></b>	<b><u>ESTE</u></b>	<b><u>PH</u></b>	<b><u>CAUDAL</u></b>	<b><u>LITOLOGIA</u></b>	<b><u>UNIDAD GEOLÓGICA</u></b>
Cueva Negra	9214117	816824	8.3	6.3	Conglomerados	Chota
Cueva Negra	9213563	816209	8.2	4.8	Calizas y Margas	Yumagual
Callejón	9209356	812571	8.1	0.1	Calizas Grises con lutitas	Cajamarca
CP. Huanico-La poza	9208193	816093	7.6	12	Limos y arcillas	Cuaternario Glaciar
Pachachaca	9212765	814151	8.5	0.35	Limos y Arcillas	Cuaternario Glaciar
El Milagro	9206858	811709	8	4	Calizas y Margas	Yumagual
El Milagro	9206846	811964	8.2	0.7	Calizas y Lutitas	Yumagual
CP. Muyoc	9204976	817268	8.2	2	Calizas y Lutitas	Quilquiñam Mujarrum
CP. Muyoc	9206404	816607	8.2	3.5	Limos y Arcillas	Cuaternario Glaciar
CP. Muyoc	9206787	816270	8.2	2.5	Limos y Arcillas	Cuaternario Glaciar

#### **4.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

##### **Hipótesis**

La Evaluación del potencial hidrogeológico de la microcuenca Muyoc, distrito de Namora, en el departamento de Cajamarca, se determina a través de un estudio detallado de la litología, geomorfología e hidrología; midiendo el caudal de los manantiales y así como el análisis químico (pH) de agua, definiendo e inventariando acuíferos potenciales de la microcuenca que presentan condiciones hidrogeológicas potenciales en referencia a la cantidad y calidad del agua.

##### **Contrastación de la Hipótesis**

El potencial hidrogeológico de la Microcuenca Muyoc es significativamente alto en términos de cantidad (Caudal) y calidad de agua (pH), desarrollado gracias a las propiedades litológicas y geomorfológicas presentes en la Microcuenca, por lo tanto el agua es apta para el consumo humano, pero no es aprovechada adecuadamente por las comunidades asentadas en dicha microcuenca; por lo cual se debe implementar proyectos de inversión pública y/o privada tendientes a captar mayores volúmenes del recurso hídrico y utilizarlo para el desarrollo productivo.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

El potencial Hidrogeológico que presenta la Microcuenca Muyoc, es significativamente alto en términos de cantidad y calidad de agua, de acuerdo a sus características litológicas y geomorfológicas.

Se identificó 10 Manantiales representativos que se los eligió por su accesibilidad y representatividad, en cuanto a calidad (pH) y cantidad (caudal).

El caudal promedio es de 3.62 l/s que se calculó de los manantiales inventariados como son Cueva Negra, Callejón, Huanico, La Poza, Pachachaca y el Milagro, con un caudal acumulado de 36.25 l/s pertenecientes a Lagunas, Manantiales y Quebradas.

El pH promedio, que se determinó en las lagunas, ríos y manantiales dentro de los cuales tenemos el Río Muyoc, Manantiales como son Cueva Negra, Callejón, Huanico, La Poza, Pachachaca y el Milagro es de 8.08, que se encuentra dentro de los límites máximos permisibles.

Por el cartografiado geológico e hidrogeológico se identificaron tres tipos de acuíferos, porosos no consolidados en el cuaternario aluvial y fluvio-glaciar, acuíferos kársticos en la Formación Cajamarca y acuitados en el resto de Formaciones Litoestratigráficas.



## **5.2. RECOMENDACIONES**

Realizar un análisis químico completo a todos los manantiales para determinar el tipo de agua y los usos a las que se podría destinar.

Dar apoyo técnico a las comunidades, para realizar el manejo adecuado de estas fuentes de agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ Costantinidis, C. 1970. Mecánica de suelos. México.
- ❖ Cruz, E. 2011. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Perú.
- ❖ Custodio, E. 1983. Hidrología Subterránea. Ediciones Omega. Barcelona, España.
- ❖ Dávila, J. 2011. Diccionario geológico. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima – Perú.
- ❖ De Moya, N. 1992. El agua en el manejo de cuencas. Ecoguía N° 2. El Colegio Verde de Villa de Leyva, Corponariño, GTZ. Santafé de Bogotá, Colombia. 24p.
- ❖ Faustino, J. 2005. Manejo integrado de cuencas hidrográficas. Manejo, gestión y cogestión de cuencas. CATIE, Turrialba, CR. 165p.
- ❖ Gil, J. 2011. Recursos hidrogeológicos. Universidad Central de Venezuela. Venezuela. 29p.
- ❖ González de vallejo, L. 2004. Ingeniería Geológica. 744pp.
- ❖ Heras, R. 1970. Manual de Hidrología. Centro de estudios Hidrográficos. Madrid, España.
- ❖ Horton, R. 1945, Erosional Development of Streams and their. Drainage Basins "Hydro-Physical Approach to Quantitative Morphology", Bull. Geol. Soc. America 56.
- ❖ Jiménez, F. 2005. Manejo integrado de cuencas hidrográficas. CATIE, Turrialba, CR. 165p.

- ❖ López, M. 2013. Estudio hidrogeológico de la Microcuenca San Cirilo. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
- ❖ Maderey, L. 2005. Principios de Hidrogeografía Estudio del Ciclo Hidrológico, Serie Textos Universitarios UNAM. México.
- ❖ Martínez, C. 2006. El régimen natural de caudales: una diversidad imprescindible, una diversidad predecible. Invest Agrar: Sist Recur For Fuera de serie, 153-165.
- ❖ Moros, E. 2006. Evaluación del potencial hidrogeológico de la zona de Carayaca, estado Vargas. 181p.
- ❖ Peña, F. 2012. Geología e Hidrogeología Regional de la Zona del Proyecto Conga y alrededores. INGEMMET. Perú.
- ❖ Reyes, L. 1980. Geología de los Cuadrángulos Cajamarca, San Marcos. Boletín N° 31, Serie A, INGEMMET. Perú.
- ❖ Strahler, A. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In Handbook of Applied Hydrology, edited by V. T. Chow. McGraw-Hill, New York.
- ❖ Todd, D. 1950. Ground water hydrology. Author. Edition, 2. Publisher, Wiley. Original from, the University of Michigan, 336 pages.