

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



**Calidad del agua de los manantiales que abastecen
a la población del caserío de Pomabamba - distrito
de Jesús - provincia de Cajamarca**

TESIS

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

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
HEBER OCAS RUMAY**

ASESORES:

Ing. Manuel Roberto Roncal Rabanal

Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno

Cajamarca, 2017

DEDICATORIA

A Dios por la salud, a mi querida madrecita Consuelo Rumay Bardales por el apoyo y buena voluntad, a mi Congona y a las personas que hicieron todo para cumplir con este trabajo.

El Autor

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino del bien y en segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia: a mi padre Andrés Ocas Moreno, a mi madrecita Consuelo Rumay Bardales y no menos importante a mi gran apoyo de siempre Jorge Chávez Gómez y a mis hermanos Milton, Gerardo y Rosa Erlita por el apoyo incondicional.

A mis princesas Yenifer G. y Aghela B., quienes fueron, son y serán mi motivación para seguir enfrentado los retos de la vida.

Mi sincero agradecimiento a los Ingenieros Manuel Roberto Roncal Rabanal y Jorge Silvestre Lezama Bueno, quienes fueron más que asesores, amigos que motivaron el planteamiento, ejecución y culminación de este trabajo.

A mis amigos Edwin y Wilson Chalan Gálvez por apoyo y confianza depositada, que ha hecho posible el desarrollo y culminación de este trabajo.

Agradezco a aquellas grandes personas que hicieron posible el conocimiento en las aulas de la EAPIAC – UNC. A mis compañeros Elmer Campos Díaz y Welser Martos Chavarry por compartir las mejores experiencias durante la formación profesional.

Al profesor Issael Callantes Cieza por sus consejos y motivación basada en la vida de grandes personajes de la Santa Escritura.

A mis amigos Ricardo Huaccha Quito, Roberto Saucedo Moreno y Juan Carlos Crisólogo Bardales, por los recuerdos de la mejor infancia vivida en el caserío de Pomabamba.

El Autor

ÍNDICE

RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
CAPÍTULO I.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Problema de investigación.....	12
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Objetivo de la investigación.....	12
1.3.1. Objetivos específicos.....	13
1.4. Hipótesis de la investigación.....	13
CAPÍTULO II.....	14
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
2.1. Antecedentes teóricas de la investigación.....	14
2.2. El agua.....	14
2.2.1. Disponibilidad del agua.....	16
2.2.2. Recursos hídricos nacionales.....	16
2.2.3. Gestión de los recursos hídricos en el Perú.....	17
2.2.4. Cuenca hidrográfica.....	17
2.2.5. Problemática social y económica vinculada a la gestión del agua.....	18
2.2.6. Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.....	18
2.2.7. Junta administrativa de servicio y saneamiento (JASS).....	18
2.3. Parámetros que determinan la calidad del agua.....	19
2.3.1. Parámetros físicos.....	19
2.3.2. Parámetros químicos.....	19
2.3.3. Parámetros biológicos.....	20
2.4. Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA).....	20
2.5. Métodos de análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos.....	20
2.5.1. Límite de cuantificación y detección del instrumento.....	20
2.5.2. Límite de cuantificación del método (LCM).....	21
2.5.3. Límite de detección del método (LDM).....	21
2.6. Muestreo.....	21

2.6.1. Preservación de muestras	22
CAPÍTULO III	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Ubicación geográfica de la investigación	23
3.2. Características climatológicas del área de investigación.....	27
3.2.1. Precipitación	27
3.2.2. Temperatura ambiental.....	30
3.3. Materiales y equipos.....	30
3.3.1. Material de campo y de laboratorio.....	31
3.3.2. Equipos de campo y de laboratorio.....	32
3.4. Metodología.....	33
3.4.1. Trabajo de campo	33
3.4.2. Trabajo de laboratorio	34
3.4.3. Trabajo de gabinete.....	35
CAPÍTULO IV	37
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	37
4.1. Características climatológicas	37
4.2. Parámetros de campo evaluados en los manantiales	37
4.2.1. Caudal de los manantiales	37
4.2.2. Caudal promedio de los manantiales	39
4.2.3. Oferta y demanda del agua en la población de Pomabamba	40
4.2.4. Temperatura del agua	41
4.2.5. Lectura de pH en el agua	41
4.2.6. Conductividad eléctrica del agua	42
4.2.7. Oxígeno disuelto del agua.....	43
4.3. Parámetros analizados en el laboratorio	44
4.3.1. Demanda química de oxígeno (DQO)	45
4.3.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DQO ₅)	46
4.3.3. Concentración de aluminio (Al).....	46
4.3.4. Concentración de arsénico (As).....	47
4.3.5. Concentración de cadmio (Cd)	48
4.3.6. Concentración de cromo (Cr)	49

4.3.7. Concentración de hierro (Fe) -----	50
4.3.8. Concentración de plomo (Pb)-----	51
4.3.9. Concentración de selenio (Se) -----	52
4.3.10. Otros parámetros analizados-----	53
CAPÍTULO V	57
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. Conclusiones	57
5.2. Recomendaciones	58
CAPÍTULO VI	59
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
7. ANEXOS	67
7.1. Anexo 1. Registro de la precipitación pluvial	67
7.2. Anexo 2. Registro de la temperatura ambiental	73
7.3. Anexo 3. Registro del caudal	80
7.4. Anexo 4. Registro de los parámetros de campo	88
7.5. Anexo 5. Resultado del análisis de laboratorio NKAP	91
7.6. Anexo 6. Registro fotográfico de la investigación	95
8. GLOSARIO	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación de los manantiales de esta investigación	23
Tabla 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas	24
Tabla 3. Límite de detección del método de ensayo	35
Tabla 4. Límite de detección del método de ensayo	35
Tabla 5. Caudal de los manantiales	37
Tabla 6. Registro de las precipitaciones por Estaciones Meteorológicas	67
Tabla 7. Precipitación media mensual y total anual – EM. Ronquillo	69
Tabla 8. Precipitación media mensual y total anual - EM. UNC- Cajamarca	69
Tabla 9. Precipitación media mensual y total anual – EM. San Juan	69
Tabla 10. Precipitación media mensual y total anual – EM. Jesús	70
Tabla 11. Precipitación total anual por Estación Meteorológica	70
Tabla 12. Precipitación media mensual por Estación Meteorológica	71

Tabla 13. Precipitación de Junio de 2010 a Abril de 2011.....	72
Tabla 14. Precipitación de Junio de 2011 a Abril de 2012.....	72
Tabla 15. Precipitación de Junio de 2012 a Abril de 2013.....	72
Tabla 16. Precipitación de Junio de 2013 a Abril de 2014.....	73
Tabla 17. Temperatura máxima y mínima media mensual – EM. Ronquillo.....	74
Tabla 18. Temperatura máxima y mínima media mensual – EM. UNC Cajamarca..	74
Tabla 19. Temperatura máxima y mínima media mensual – EM. San Juan.....	75
Tabla 20. Temperatura máxima y mínima media mensual – EM. Jesús	76
Tabla 21. Temperatura máxima y mínima anual registrada en las EM.....	77
Tabla 22. Temperatura máxima y mínima media mensual registradas en las EM ...	78
Tabla 23. Temperatura máxima media mensual de Junio 2012 a Abril 2013	78
Tabla 24. Temperatura mínima media mensual de Junio 2012 a Abril 2013.....	78
Tabla 25. Caudal registrado de junio a julio de 2013.....	80
Tabla 26. Caudal registrado de agosto a septiembre de 2013	81
Tabla 27. Caudal registrado de octubre a noviembre de 2013	81
Tabla 28. Caudal registrado de diciembre de 2013 a enero de 2014	82
Tabla 29. Caudal registrado de febrero a marzo de 2014	83
Tabla 30. Caudal registrado en abril de 2014	84
Tabla 31. Caudal registrado en mayo de 2014.....	85
Tabla 32. Caudal total registrado en los manantiales de estudio	86
Tabla 33. Oferta y demanda de agua en el caserío Pomabamba	87
Tabla 34. Registro de los parámetros realizados en junio, julio y agosto de 2013 ...	88
Tabla 35. Parámetros registrados en setiembre, octubre y noviembre de 2013.....	88
Tabla 36. Parámetros registrados en diciembre de 2013, enero y febrero de 2014 .	89
Tabla 37. Parámetros registrados en marzo, abril y mayo de 2014	89
Tabla 38. Temperatura del agua de los manantiales.....	90
Tabla 39. pH del agua de los manantiales.....	90
Tabla 40. Conductividad del agua de los manantiales.....	90
Tabla 41. Oxígeno disuelto del agua de los manantiales	91
Tabla 42. Resultados de los ensayos realizados por el laboratorio.....	91
Tabla 43. Resultados del análisis de metales totales (periodo de estiaje).....	92
Tabla 44. Resultados del análisis de metales totales (periodo de lluvias).....	93
Tabla 45. Concentraciones de calcio, potasio y sodio.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los manantiales de estudio	25
Figura 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas	26
Figura 3. Precipitación total anual por estación meteorológica.....	28
Figura 4. Precipitación media mensual por estación meteorológica	28
Figura 5. Precipitación mensual durante la investigación	29
Figura 6. Temperatura máxima y mínima media mensual.....	30
Figura 7. Caudal máximo y mínimo de los manantiales	38
Figura 8. Caudal promedio de los manantiales	39
Figura 9. Proyección de la demanda de agua	41
Figura 10. pH del agua	42
Figura 11. Conductividad eléctrica del agua.....	43
Figura 12. Oxígeno disuelto del agua	44
Figura 13. Demanda química oxígeno en el agua	45
Figura 14. Demanda bioquímica de oxígeno en el agua	46
Figura 15. Concentración de aluminio en el agua	47
Figura 16. Concentración de arsénico en el agua	48
Figura 17. Concentración de cadmio en el agua	49
Figura 18. Concentración de cromo en el agua.....	50
Figura 19. Concentración de hierro en el agua.....	51
Figura 20. Concentración de plomo en el agua	52
Figura 21. Concentración de selenio en el agua	53
Figura 22. Concentración de calcio, potasio y sodio en la época de estiaje	54
Figura 23. Concentración de calcio, potasio y sodio en la época de lluvias	55
Figura 24. Presencia de coliformes en los manantiales.....	56

RESUMEN

EL agua es una sustancia líquida, transparente, inodora, incolora e insípida, fundamental para el desarrollo de la vida en la tierra, el agua pura en la naturaleza no existe a través del ciclo hidrológico se combinan con sustancias minerales presentes en la atmósfera y en el suelo. Los manantiales evaluados en esta investigación son recargados por la infiltración del agua de lluvia que a su paso disuelven las rocas ofertando agua ligeramente acida con un pH promedio de 5,78, oxígeno disuelto de 4,17 mg.L⁻¹, concentraciones de aluminio de 0,28 mg.L⁻¹, cromo 0,43 mg.L⁻¹ y hierro 0,58 mg.L⁻¹; asimismo, presentan concentraciones de sodio, calcio y potasio. La presencia de coliformes en el agua es 23 NMP.100⁻¹mL como valor máximo, lo que indica que el agua de los manantiales evaluados Cotosacha, Ñoñorco, La Masma, Chupiticaga y Vergaray es de buena calidad para el consumo humano previo un tratamiento no convencional a fin de reducir las concentración de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos que ayuden a mejorar la calidad del agua.

Los manantiales son fuentes únicas que ofertan en promedio 116,813 m³.día⁻¹ para el consumo de la población de Pomabamba que demanda 44,75 m³.día⁻¹, el cual indicaría que solo el 38,31 % de la oferta es consumida, y el 61,69 % del volumen de agua ofertada se estaría perdiendo por infiltración en las captaciones, líneas de conducción, aducción y distribución debido a la longevidad de la infraestructura o debido al incorrecto uso del agua.

ABSTRACT

Water is a liquid substance, transparent, odorless, colorless and insipid, fundamental for the development of life on earth, pure water in nature does not exist through the hydrological cycle are combined with mineral substances present in the atmosphere and in soil. The springs evaluated in this research are recharged by the infiltration of rainwater, which dissolves the rocks by supplying slightly acidic water with an average pH of 5,78, dissolved oxygen of 4,17 mg.L⁻¹, aluminum concentrations of 0,28 mg.L⁻¹, chromium 0,43 mg.L⁻¹ and iron 0,58 mg.L⁻¹; Also have concentrations of sodium, calcium and potassium. The presence of coliforms in the water is 23 NMP.100⁻¹mL as maximum value, which indicates that the water of the springs evaluated Cotosacha, Ñoñorco, La Masma, Chupiticaga and Vergaray is of good quality for the previous human consumption a treatment no conventional to reduce the concentration of physical, chemical and bacteriological parameters that help to improve water quality.

The springs are unique sources that offer an average of 116,813 m³.day⁻¹ for the consumption of the population of Pomabamba that demand 44,75 m³.day⁻¹, which would indicate that only 38.31 % of the supply is consumed, and 61,69 % of the volume of water offered would be lost by infiltration in the catchments, lines of conduction, adduction and distribution due to the longevity of the infrastructure or due to the incorrect use of water.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua o dihidruro de oxígeno es el líquido esencial y escaso para todo ser vivo de la biosfera, regulada por el ciclo hidrológico que tiene como motor principal la energía solar y la gravedad, durante el ciclo hidrológico, el agua presenta diferentes estados siendo el estado líquido el aprovechable por el hombre, animales y plantas. Aunque las tres cuartas partes de la corteza terrestre está cubierta de agua siendo el 97,6 % salada presente en los océanos, el 1,9 % en los casquetes polares, el 0,5 % se encuentra a como agua subterránea, el 0,02 % como agua superficial (ríos y lagos), el 0,01 % en el suelo y un 0,001 % presente en la atmósfera (Auge 2004).

El agua pura en la naturaleza no existe, a través del ciclo hidrológico se combinan con sustancias minerales presentes en la atmósfera o en el suelo, la concentración de estos minerales determinan la calidad de agua que se tiene en un manantial o fuente; las impurezas que se adquiere durante el ciclo a pesar que la purificación ocurre en todo cuerpo de agua gracias a la sedimentación y a la muerte de patógenos sobre todo en áreas cerca al Divortium Acuarium, siempre están presentes elementos traza (James & Zimmerman 2011).

De ahí surge la necesidad de evaluar la calidad de agua en períodos de estiaje y de lluvias, de los manantiales Cotosacha, Ñoñorco, La Masma, Chupiticaga y Vergaray aplicando la metodología estandarizada en el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial”, siendo fundamental para la evaluación con los valores establecidos en Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. De acuerdo al uso y a los ECA para Agua los manantiales de esta investigación se han categorizado como Categoría 1: Poblacional y recreacional en la Subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

1.1. Problema de investigación

Los manantiales que abastecen de agua para el consumo de la población de Pomabamba se encontraron en mal estado, con presencia de materia orgánica en descomposición (hojarasca y raíces), sólidos que son erosionados y transportados por las escorrentías superficiales, y acumulados en las captaciones, aumentando la concentración de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, factores que contribuyen al incumplimiento de los valores establecidos en los ECA para Agua.

El agua captada de los manantiales de esta investigación recibe una desinfección semestral con hipoclorito de sodio en forma de sal pentahidratada ($\text{NaClO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) disminuyendo la población microbiana, pero las concentraciones de cadmio, arsénico, plomo, sodio, potasio, calcio y los valores de pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto se mantienen o podrían estar aumentando en las líneas conducción y/o distribución, presentando un potencial riesgo para la salud de la población del caserío de Pomabamba.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la calidad del agua que ofertan los manantiales, para el consumo de la población de Pomabamba, distrito de Jesús, provincia y departamento de Cajamarca?

1.3. Objetivo de la investigación

Evaluar la calidad del agua de los manantiales, que abastecen el consumo de la población del caserío de Pomabamba.

1.3.1. Objetivos específicos

- Evaluar las concentraciones de los parámetros físicos (sólidos suspendidos totales - SST, conductividad eléctrica - CD, oxígeno disuelto - OD y pH), químicos (DBO, DQO, nitritos, sulfatos y metales totales) y biológicos (coliformes totales y termotolerantes) de los manantiales de Cotosacha, Ñoñorco, La Masma, Chupiticaga y Vergaray.
- Determinar volumen del agua que ofertan de los manantiales de Cotosacha, Ñoñorco, La Masma, Chupiticaga y Vergaray en los períodos de estiaje y lluvias.

1.4. Hipótesis de la investigación

Los manantiales que abastecen de agua al caserío de Pomabamba, son de buena calidad en sus parámetros físicos, químicos y biológicos cumpliendo con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, en la Categoría1: Poblacional y recreacional, subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, de acuerdo al Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, vigente a la fecha de esta investigación.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes teóricas de la investigación

El 30 de julio de 2008, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprobó los Estándares de Calidad Ambiental - ECA para Agua y en el 2009 la implementación de los ECA donde se tipifican los parámetros y valores para cuatro (4) categorías de uso del agua (MINAM 2008). El 06 de abril de 2011 se publicó el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial”, estableciendo la estandarización del procedimiento para la toma de muestras de agua continental y marítima (ANA 2011), con ello facilitando la evaluación de la calidad de agua de los manantiales de esta investigación. El 24 de septiembre de 2010, se publica el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, donde se refiere los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los parámetros microbiológicos, parasitológicos, organoléptica, inorgánicos y orgánicos (MINSA 2010).

En la región de Cajamarca se viene realizando vigilancia y monitoreo de la calidad de agua, en las cuencas de Cajamarca, Crisnejas, Yangas Suite y Llaucano desde el año 2012 a la actualidad; reportándose valores de los parámetros fisicoquímicos y biológicos por encima de los valores establecidos en los ECA para Agua (AAA-VI-M 2014). Asimismo se ha realizado investigaciones de la calidad del agua desde el 2001 al 2012 por el M.Sc. Ramiro Salazar, destacando entre ellas el análisis del agua utilizada para diferentes usos en la Universidad Nacional de Cajamarca, análisis fisicoquímico del agua que abastece al distrito de la Encañada y el monitoreo microbiológico de los canales de Combayo (UNC 2014).

2.2. El agua

El agua es el compuesto químico más abundante en la biosfera denominado dihidruro de oxígeno así como el único compuesto en estado líquido incoloro, inodoro y sin sabor. Una molécula de agua está formado por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno representado por la fórmula química H₂O (Romero 2009). El agua en la

naturaleza sigue un ciclo cerrado que fluye entre los distintos depósitos, siendo el motor de este ciclo la energía solar, la gravedad y factores como el aire, la presión que interviene durante el ciclo (Audesirk et al 2003).

El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan y la seguridad de la nación (ANA 2009). El agua circula sobre la superficie del suelo formando arroyos y ríos o penetra en el suelo para convertirse en agua subterránea. El agua subterránea y superficial no es completamente pura ya que a su paso disuelven sustancias presentes en la atmósfera y en el suelo; por lo tanto las concentraciones que determinan calidad de agua se establecen de acuerdo al uso que se destina (Doménech & Perales 2006).

El agua es un recurso natural esencial para la humanidad y en general para la habitabilidad del planeta, así como para el desarrollo y la seguridad del país. Su importancia será aún mayor porque se ha convertido en un bien escaso y que podría ser insuficiente a nivel mundial (ANA 2011).

El agua posee características absolutas como, un carácter dipolar debido a la carga negativa del oxígeno, es solvente ionizante, es una sustancia con mayor calor específico 1 cal.g^{-1} (Romero 2009), es decir se requiere de mucho calor para calentarla y mucho frío para congelarla. El punto de fusión $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ebullición $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dependiendo de la presión atmosférica, la densidad relativa 1 a $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, el calor latente de fusión es de 80 cal.g^{-1} , y el de vaporización 540 cal.g^{-1} (Cartolín 2005).

La caracterización del agua, tiene como objetivo conocer sus atributos físicos, químicos y biológicos, que definen su aptitud para uso poblacional, agrícola, recreacional e industrial; en las fuentes de agua como cuerpo receptor se evalúa la capacidad asimilable de las descargas contaminantes de tal manera que no se altere sus parámetros físicos, químicos y biológicos del agua (ANA 2011).

2.2.1. Disponibilidad del agua

Se estima que el volumen total del agua a nivel mundial es de $1,386.10^9$ km³, contenida en los océanos el $1,3375.10^9$ km³ que representa el 96,5 % y en la atmosfera el $1,29.10^4$ que representanta solo el 0,001 % del volumen total. La cantidad de agua dulce en nuestro planeta es aproximadamente $3,5.10^7$ km³, presentes en ríos en un 0,006 %, agua biológica 0,003 %, marismas y pantanos 0,03 %, atmosfera 0,04 %, humedad del suelo 0,05 %, lagos 0,26 %, agua subterránea 30,1 %, glaciares y capa nevada permanente 68,7 % (James & Zimmerman 2011).

2.2.2. Recursos hídricos nacionales

La influencia de la cordillera de los andes, la corriente peruana y el anticiclón del pacífico sur, determinan las características climáticas de las distintas regiones geográficas del Perú, las lluvias que caen en la época del verano austral sobre la vertiente occidental de los andes, dan nacimiento a pequeños ríos de régimen torrencial; en la vertiente del atlántico, la precipitación media es de 2 400 mm anuales, alcanzando valores de hasta 4 000 mm en la selva baja y en la vertiente del Titicaca de 700 mm (CTM 2009); el Perú cuenta con fuentes naturales de a agua provenientes de glaciares, lagos, lagunas, humedales, ríos, acuíferos y aguas desalinizadas o tratadas.

Humedales: están considerados como patrimonio de la nación y el Estado los protege, conserva y propicia un aprovechamiento sostenible; éstos proveen riqueza ictiológica e insumos para el consumo humano, nuestro país cuenta con la “Estrategia Nacional de Conservación de Humedales” (MINAG 1996).

Lagos y lagunas: son depósitos de reserva de agua que se encuentran en la cordillera de los andes de régimen permanente o temporal y de distintos volúmenes de almacenamiento. En el inventario nacional de lagunas de 1 980 el Perú tiene 12 201 lagunas, 3 896 en la vertiente del pacífico, 7 441 en el Atlántico, 841 en la del Titicaca y 23 en vertientes cerradas (CTM 2009).

Ríos: la cordillera de los andes se extiende longitudinalmente de sur a norte configurando 159 unidades hidrográficas, de acuerdo al divortium acusarium se forma tres (3) vertientes: i) vertiente del Pacífico 62 unidades hidrográficas, ii) vertiente del Atlántico 84 unidades hidrográficas y iii) vertiente del Lago Titicaca 13 unidades hidrográficas cerradas (DCPRH 2011).

Manantiales: es el punto de afloramiento del agua subterránea, que por diferencias de alturas msnm, la impermeabilidad del suelo y la geología son factores que permiten la resurgencia del agua subterránea a la superficie dentro de la cuenca, en el Perú se conoce como ojo, manantial, fuente, puquio o acuífero de agua (Burga 1995).

2.2.3. Gestión de los recursos hídricos en el Perú

La cuenca hidrográfica es la unidad básica para la gestión integral del agua tanto en calidad como cantidad, dentro de la cuenca hidrográfica interactúan aspectos físicos, biológicos y antropogénico que conlleva a la integración coherente del ámbito político administrativo, definido por los límites departamentales y provinciales con el ámbito de la cuenca o agrupación de cuencas hidrográficas.

El Perú cuenta con 159 unidades hidrográficas o cuencas delimitadas, de las cuales 96 son intrarregionales y 63 interregionales, existiendo entre ambas 32 transfronterizas, teniendo como ente rector a la Autoridad Nacional del Agua (DCPRH 2011) ejerciendo su rol en forma descentralizada, agrupadas en un conjunto de unidades hidrográficas en el ámbito de las tres (3) vertientes del Pacífico, Atlántico y Titicaca (CTM 2009).

2.2.4. Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es una superficie de drenaje natural, donde convergen las aguas que fluyen a través de valles, quebradas, ríos y en depósitos como los humedales, lagos y laguna; formando una red de drenaje; cuando el punto de drenaje llega al mar se trata de una cuenca hidrográfica abierta y cuando el dren principal termina en lagos o se pierde por infiltración y/o evaporación se trata de una cuenca cerrada o endorreica; las cuencas por tener una forma cóncava son áreas naturales

que recolectan y almacenan el agua que utilizamos en las partes medias y bajas, la parte alta se identifica como cuenca alta, siendo la cuenca baja la zona de menor altura sobre el nivel del mar (DCPRH 2012).

2.2.5. Problemática social y económica vinculada a la gestión del agua

Al incrementarse la demanda de agua, la oferta disponible se limita dando lugar a conflictos intersectoriales incrementando externalidades negativas; los déficits de abastecimiento de agua para todos los usos constituyen un factor potencial restrictivo más serio, para el desarrollo y explotación de otros recursos naturales que son necesarios para generar condiciones de vida satisfactorias (Charles 2001).

En relación a la calidad del agua, su deterioro es evidente siendo un problema crítico en muchas de las unidades hidrográficas, especialmente en los meses de estiaje, debido a la combinación de pequeños caudales con vertimientos de aguas residuales, uso excesivo de agroquímicos y pesticidas en la agricultura y efluentes no controlados convirtiéndose en pasivos ambientales. El deterioro de la calidad afecta directamente la utilidad del recurso y eleva los costos de su tratamiento, especialmente para uso poblacional y para su conservación (Azqueta 2007).

2.2.6. Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano

Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta la distribución del agua, ayuda a mejorar la calidad de vida, las condiciones de salud e higiene y disminuye el número de morbilidad por causas de las enfermedades hídricas (MINSa 2010).

2.2.7. Junta administrativa de servicio y saneamiento (JASS)

Denominadas también como las organizaciones de usuarios no agrarios, que representan a los usuarios de agua potable donde no se han establecido empresas prestadoras de servicio – EPS, las JASS desde su creación han estado vinculadas al Ministerio de Salud. El Consorcio de Investigación Económica y Social, define a las JASS como juntas encargadas de garantizar un servicio de saneamiento básico

permanente y de calidad en las comunidades rurales, abordando los problemas de saneamiento de una manera integral vinculadas a administrar, autorizar y custodiar el uso adecuado del agua (CIES 2005).

2.3. Parámetros que determinan la calidad del agua

Son los compuestos, sustancias, indicadores y propiedades físicas químicas o biológicas de interés para la determinación de la calidad del agua; en el Perú los indicadores de la calidad del agua están de acuerdo al uso categorizados en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ANA 2011). Para la evaluación de la calidad del agua se utilizan cuatro (4) indicadores principales: i) Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO), ii) Demanda Química de Oxígeno (DQO), iii) Sólidos Suspendidos Totales (SST) y iv) metales totales a través de la técnica analítica absorción atómica.

La DBO_5 es un parámetro para estimar la degradación de la materia orgánica por procesos biológicos, el aumento de DBO_5 provoca la disminución de oxígeno disuelto en el agua, y la DQO se utiliza para la estimación de la materia orgánica biodegradable en el agua que es oxidada o degradada por medios químicos, mientras que los SST miden la cantidad de material sólido que se encuentra suspendido en el agua y no pueden ser disueltos (Whitten et al 1998).

2.3.1. Parámetros físicos

Son los que se pueden medir directamente en el cuerpo de agua o punto de vertimiento, haciendo uso de métodos e instrumentos para las lecturas de pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y otros como el caudal, color, olor y turbiedad (Romero 2009).

2.3.2. Parámetros químicos

Son los parámetros que necesariamente deben ser analizados en un laboratorio, por la complejidad de los métodos aplicados para su determinación, como DBO_5 , DQO y

otros elementos químicos considerados en el Acoplamiento Inductivo de Plasma o ICP (Doglas 2001).

2.3.3. Parámetros biológicos

Los parámetros biológicos necesariamente son analizados en laboratorio y son considerados elementos de bacteriología y microbiología, el examen bacteriológico del agua usualmente involucra dos (2) ensayos, la estimación del número más probable (NMP) de bacterias de acuerdo al conteo total en placa y la determinación más significativa de la presencia o ausencia del grupo Coliforme (Romero 2009).

La presencia de coliformes termotolerantes y totales en fuentes de aguas subterráneas y superficiales depende de varios factores, como las características físicas, químicas e intrínsecas de la zona de captación, magnitud y diversidad de las actividades humanas y animales que liberan patógenos al medio ambiente (OMS 2006).

2.4. Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA)

Es el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente (MINAM 2008). En el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, en los anexos I, II, III y IV se establecen los parámetros y sus valores de los LMP que se consideran para agua de consumo humano previo tratamiento y evaluados después de la línea de conducción (MINSa 2010).

2.5. Métodos de análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos

2.5.1. Límite de cuantificación y detección del instrumento

Son las concentraciones mínimas del analito en la muestra que puede ser cuantificada con precisión y la mínima concentración que puede ser detectada pero no

necesariamente cuantificada bajo las condiciones de operación establecidas en el instrumento (NM 2001).

2.5.2. Límite de cuantificación del método (LCM)

Es la menor concentración de un analito o sustancia en una muestra que puede ser cuantificada con precisión y exactitud aceptables bajo las condiciones en que se lleva a cabo el método.

2.5.3. Límite de detección del método (LDM)

Es la mínima concentración de un analito o sustancia en una muestra, la cual puede ser detectada pero no necesariamente cuantificada bajo las condiciones en que se lleva a cabo el método (Martin 1994).

2.6. Muestreo

El muestreo es tomar una muestra representativa del cuerpo de agua con un volumen requerido y preservado para el análisis en el laboratorio siguiendo protocolos y guías de acuerdo a las actividades y usos del agua de los sectores correspondientes. La muestra representa la composición del cuerpo natural de agua superficial y/o efluente para un lugar, tiempo y circunstancia en la que fue recolectada la muestra.

Significa obtener un volumen mínimo del cuerpo natural o artificial cuya composición represente exactamente las características del cuerpo que ha sido muestreado, las muestras se analizan y las sustancias se determinan, por ejemplo una muestra de agua se analiza para determinar las concentraciones de diversas sustancias (Doglas 2001).

2.6.1. Preservación de muestras

La preservación de las muestras tiene por objetivo mantener las condiciones iniciales de la muestras hasta el momento del análisis; todos los reactivos usados para la preparación de la soluciones a diferentes concentraciones deben ser al menos de grado reactivo analítico, y usados en volúmenes de acuerdo a los criterios y método de análisis del laboratorio con la finalidad que el preservante no interfiera en el análisis de la muestra (NTC 2004).

Los preservantes son soluciones de elementos químicos disponibles comercialmente o realizadas en laboratorios, bajo normas de seguridad utilizadas en función de los parámetros a analizar, entre ellas tenemos: ácido clorhídrico HCl (Inhibidor bacteriano), ácido nítrico HNO₃ (Previene la precipitación por la acidez), tiosulfato sodio pentahidratado Na₂S₂O₃.5H₂O (Preservar muestras de agua potable en relación al cloro libre o combinado), cloruro de plata AgCl₂ (Inhibidor bacteriano), hidróxido de sodio NaOH (Formación de sales con compuestos orgánicos), ácido sulfúrico H₂SO₄, ácido ortofosfórico H₃PO₄, acetato de zinc (CH₃COO)₂ Zn.2H₂O, acida de sodio NaN₃, sulfato de manganeso MnSO₄ y sulfato de cobre CuSO₄ (OPS 2014).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica de la investigación

Los manantiales de esta investigación se ubican en la Comunidad Campesina Huancate Sumac Mollepata (CC.HSM), reconocida con Resolución Suprema N° 44 - 1964, según la ficha 2A sin partida electrónica en la actualidad, con una extensión de 421,02 ha (ZEE-CAJAMARCA 2011). La comunidad está comprendida entre las cotas 2 875 a 3 684 msnm y ubicada al suroeste de la ciudad de Cajamarca y al noreste del distrito de Jesús, asimismo constituye el divortium aquarum entre las cuencas hidrográficas del Criznejas y Jequetepeque que tienen como vertientes al océano atlántico y al pacífico respectivamente.

Tabla 1. Ubicación de los manantiales de esta investigación

Descripción	Coordenadas Geográficas UTM - Datum WGS 84 zona 17M		Altura msnm
	Este (m)	Norte (m)	
Manantial Cotosacha	784 183	9 197 927	3 018
Manantial Vergaray	783 710	9 198 060	3 002
Manantial La Masma	783 108	9 197 841	3 110
Manantial Chupiticaga	783 542	9 197 968	3 093
Manantial Ñoñorco	783 105	9 197 304	3 245

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos registrados en campo

El estudio de los manantiales se desarrolló en la Comunidad Campesina Huancate Sumac Mollepata, caserío de Pomabamba, centro poblado La Huaraclla, distrito de Jesús, provincia y región de Cajamarca. El caserío de Pomabamba está conformada por 179 familias que hacen uso del agua que ofertan los manantiales (JASS 2014) y por las características de la zona, cada familia está conformada en promedio por cinco (5) integrantes (PSCPH 2014), haciendo una población de 895 habitantes. La principal actividad de la población es la agricultura estacional, ganadería extensiva (Vacunos, ovinos y porcinos) y la crianza de animales menores (Cuyes, gallinas y patos).

Actualmente el servicio de agua de la población es administrada por la JASS-Pomabamba, elegidas democráticamente en asamblea de los usuarios cada dos (2) años, a quienes se tributa seis soles (S/ 6,00) anual, el aporte es utilizado para mejorar la infraestructura y desinfección del agua antes de su distribución.

Asimismo, se señala la ubicación de las estaciones meteorológicas (EM) de donde se obtuvo el registro de precipitación pluvial y temperatura ambiental desde el 2009 a 2014 para el área de estudio; siendo de tipo convencional las EM de San Juan y Jesús, y de tipo automáticas las EM de Ronquillo y de la UNC - Cajamarca.

Tabla 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas

Estación meteorológica- EM	Coordenadas Geográficas UTM - datum WGS 84 zona 17M		Altura msnm	Distrito
	Este (m)	Norte (m)		
San Juan - 000369	776 498	9 193 333	2 185	San juan
Jesús - 000391	788 405	9 198 276	2 495	Jesús
Ronquillo - 47216128	770 623	9 207 934	3 313	Cajamarca
UNC Cajamarca - 472645f0	777 074	9 208 667	2 678	Cajamarca

Fuente: (SENAMHI 2013)

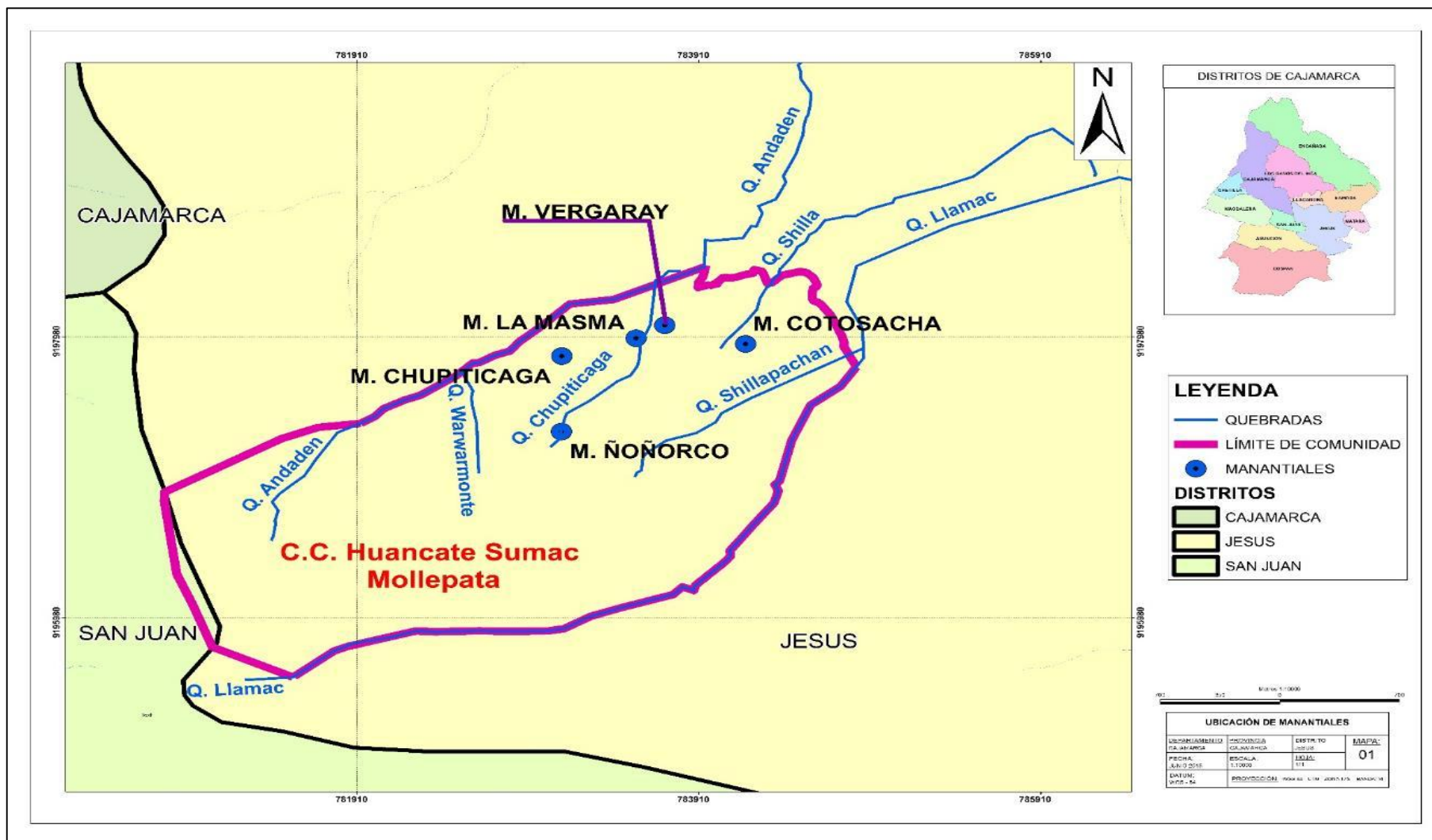


Figura 1. Ubicación de los manantiales de estudio

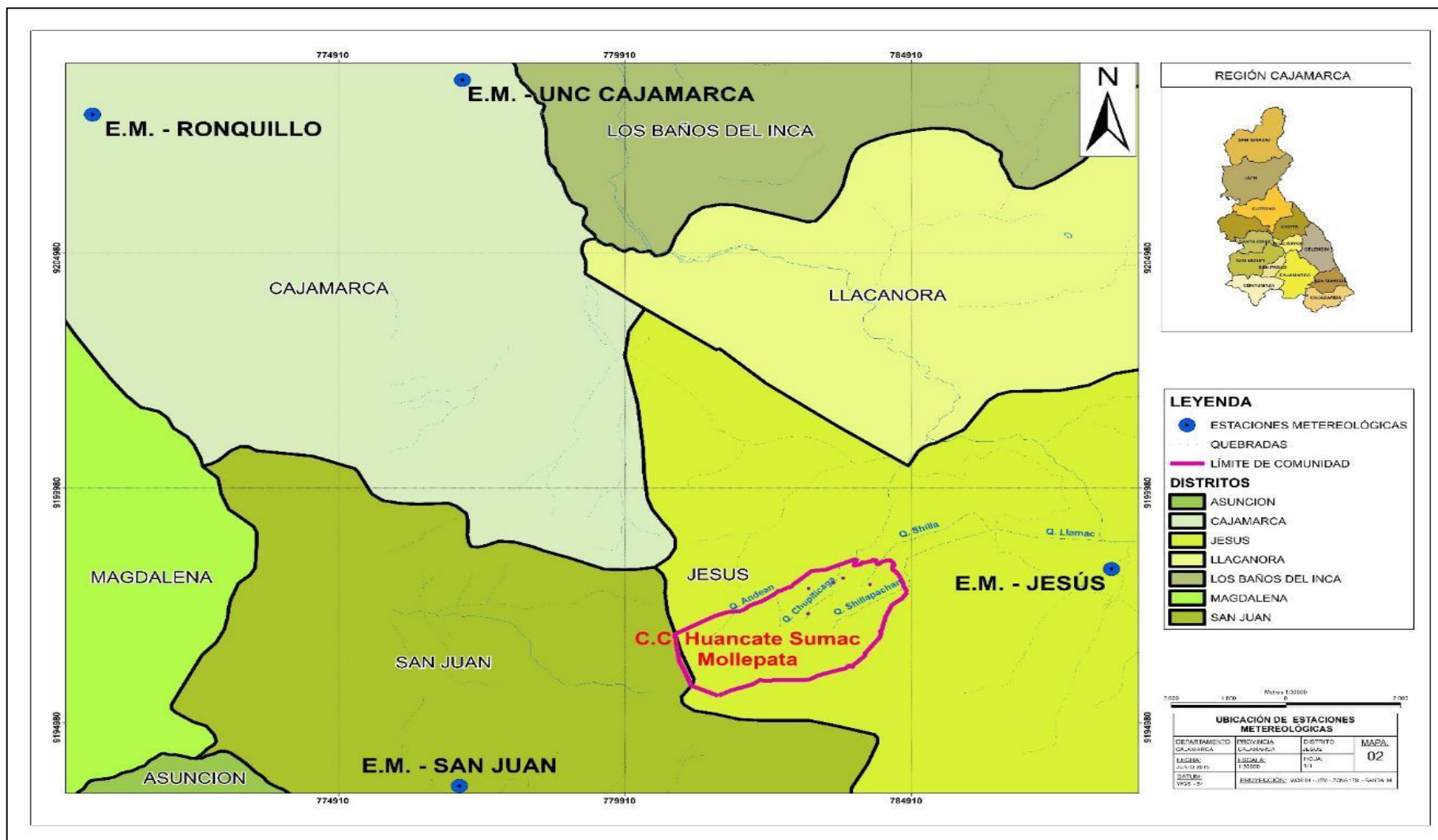


Figura 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas

3.2. Características climatológicas del área de investigación

Como parte de esta investigación, se recopiló y sistematizó información de precipitación pluvial y temperatura ambiental registrada en las EM descritas en la Tabla 2, administradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI.

3.2.1. Precipitación

La precipitación pluvial total anual registrada desde los años 2009 al 2013, en las estaciones meteorológicas del área de estudio son variables; en la EM - Ronquillo se registró la precipitación pluvial más alta de 879,70 mm en el año 2009 y la más baja de 43,20 mm en el año 2011 (Tabla 11 del anexo 1), mostrándose precipitaciones pluviales mayores en los años sucesivos pero que aún no han superado las precipitaciones pluviales del año 2009; similar comportamiento se registró en la EM – Jesús donde se obtuvo la precipitación más alta de 897,70 mm en el 2009 y la más baja de 446,30 mm en el 2010.

En la EM - UNC Cajamarca se registró la precipitación pluvial total anual más alta de 739,80 mm en el año 2011 y la más baja de 296,20 mm en el año 2009 (Tabla 11 del anexo 1), en cambio en la EM - San Juan la más alta fue 1226,80 mm en el año 2012, y la más baja fue 812,70 mm en el año 2010, mostrándose precipitaciones pluviales menores para el año sucesivo, tal como se puede observar en el Figura 3.

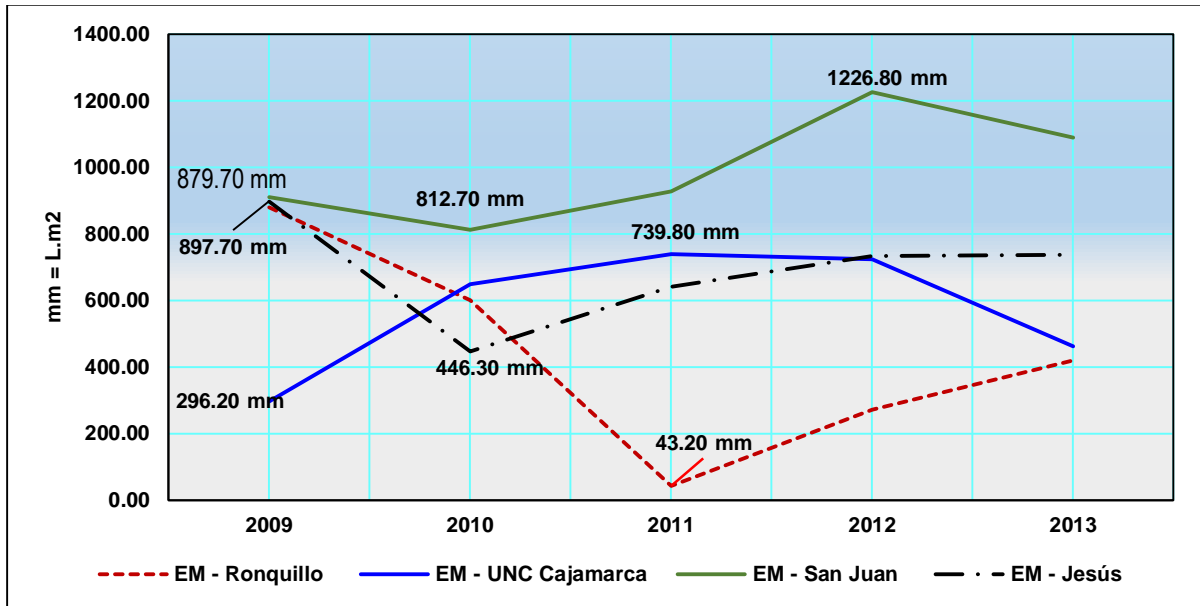


Figura 3. Precipitación total anual por estación meteorológica

Según el registro de la precipitación pluvial para el área de investigación, se puede decir que los meses de lluvia están entre los meses de octubre a mayo, presentándose la más alta precipitación pluvial media mensual en marzo (Tabla 12 del anexo 1) y los meses de estiaje o sequías entre los meses de junio a setiembre, tal como se puede observar en el Figura 4.

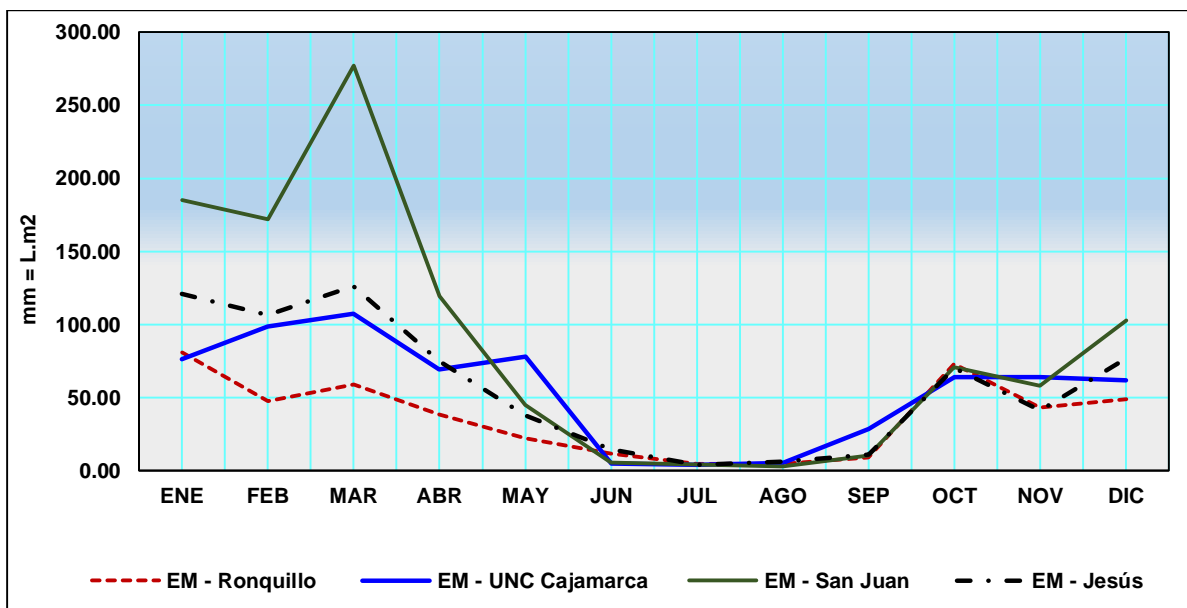


Figura 4. Precipitación media mensual por estación meteorológica

La precipitación pluvial mensual registrada en las estaciones meteorológicas circundantes del área donde se desarrolló este trabajo, durante el tiempo de la evaluación de la calidad del agua en los manantiales (épocas de estiaje de 2013 y lluvias de 2014), muestran que los meses de lluvia fueron de octubre a abril con descenso en el mes de noviembre y el pico en marzo (Tabla 16 de anexo 1), los meses de estiaje o sequias entre los meses de junio a setiembre, tal como se observa en la Figura 5.

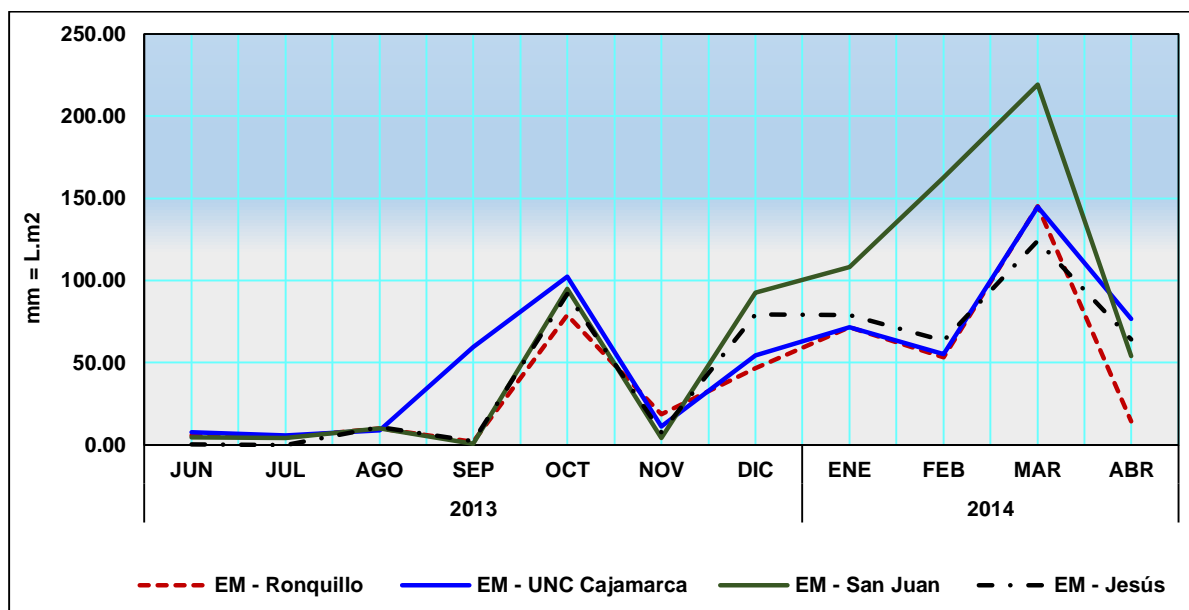


Figura 5. Precipitación mensual durante la investigación

Las precipitaciones pluviales registradas en las EM presentaron variabilidad anual y mensual, para el área de estudio donde se ubican los manantiales objeto de esta investigación.

La precipitación pluvial promedio para el área de estudio registradas en los meses de junio de 2012 a abril de 2013, fue de 684,35 mm (Tabla 15 del anexo 1) y durante la evaluación de la calidad de agua de los manantiales en los meses de junio de 2013 a abril de 2014 fue de 582,15 mm (Tabla 16 del anexo 1), existiendo una clara diferencia entre las precipitaciones pluviales del año 2012 que fue mayor en comparación al año 2013. En consecuencia los caudales registrados en los manantiales se han

comportado en descenso, indicando que los manantiales se recargan por infiltración de las aguas producto de las precipitaciones pluviales.

3.2.2. Temperatura ambiental.

La temperatura máxima y mínima media mensual registrada durante los meses de julio de 2013 a abril de 2014 periodo de evaluación de la calidad del agua, oscilaron entre 18,82 a 22,11 °C para las temperaturas máximas media mensual y entre 7,43 a 10,68 °C para la temperatura mínima media mensual; del registro en las cuatro (4) estaciones meteorológicas descritas en la Tabla 2 se obtuvo una temperatura máxima promedio de 20,37°C y de 9,27 °C como mínima promedio para el área de éste trabajo (Tablas 23 y 24 del anexo 2), tal como se puede observar en la Figura 6.

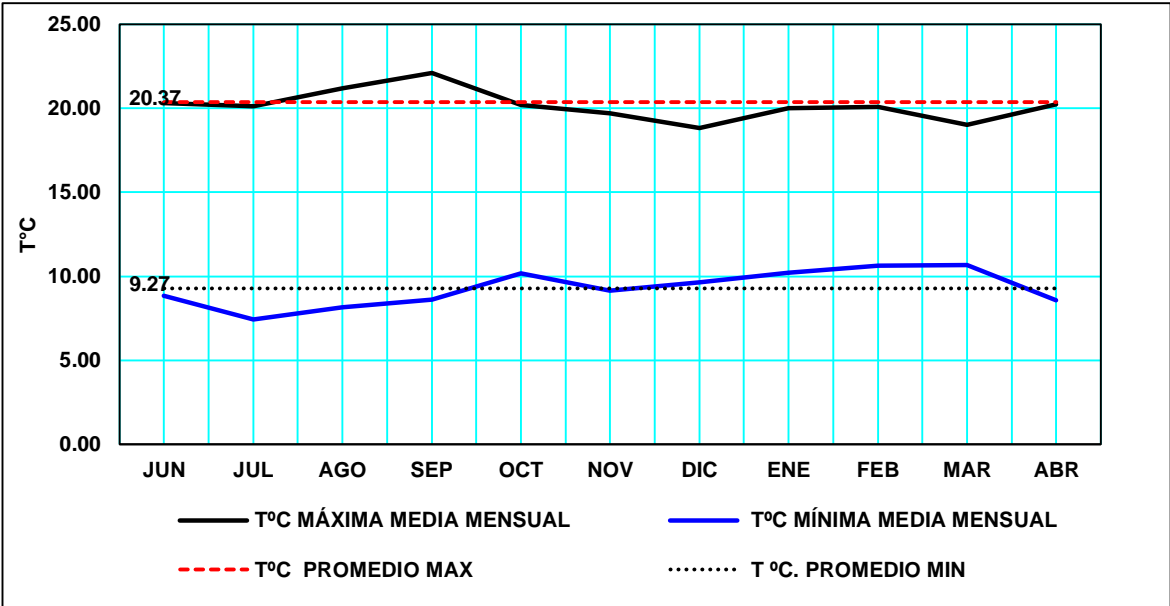


Figura 6. Temperatura máxima y mínima media mensual

3.3. Materiales y equipos

Para la evaluación de la calidad del agua de los manantiales que abastecen a la población de Pomabamba, se requirió de equipos y materiales tal como se detallan.

3.3.1. Material de campo y de laboratorio

- **Material cartográfico:** mapas para la ubicación de la CC. Huancate Sumac Mollepata y vías de acceso a los centros poblados más cercanos.
- **Fichas de registro:** se utilizaron para la descripción de las condiciones meteorológicas, registro de datos de campo, registro de las coordenadas geográficas en UTM - datum WGS 84, hora, fecha y la descripción de la ubicación de los manantiales
- **Etiquetas de identificación:** utilizadas para ser adheridas a los frascos de vidrio y/o polietileno, indicando la ubicación, código de la fuente de monitoreo (punto y/o estación de muestreo), fecha y hora del muestreo, nombre del responsable del muestreo, preservante, refrigeración y tipo de análisis requerido.
- **Balde de plástico:** de volúmenes de 1 y 10 litros milimetrado, para la medición del volumen de agua colectado en un tiempo determinado, facilitando la aplicación del método volumétrico para el cálculo de caudales entre los rangos de $0,01 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ y $0,09 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$.
- **Preservantes:** se utilizó ácido nítrico 1:1 N (HNO_3) y ácido sulfúrico de 1:1 N (H_2SO_4) para la preservación de las muestras de agua para el análisis de metales totales por el método ICP y para la muestra del parámetro demanda química de oxígeno respectivamente.
- **Gel pack:** utilizado para conservar las muestras y se caracteriza por ser un polímero que ayuda a mantener temperaturas bajas (más que el hielo), es súper absorbente en contacto con el agua y otras sustancias formando una masa viscosa.
- **Soluciones estándar de pH y conductividad:** Soluciones de valores conocidos utilizado para verificar y ajustar en campo y en gabinete el equipo multiparámetro.

- **Piseta y agua destilada:** utilizado para la limpieza de las sondas de pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto del equipo multiparámetro antes y después de cada lectura en campo.
- **Caja térmica (cooler):** utilizado para transportar el material utilizado en el muestreo y las muestras de agua al laboratorio en condiciones frías y seguras evitando cualquier contacto durante su transporte con agentes exteriores que podrían contaminar las muestras.
- **Frascos de vidrio y polietileno:** se utilizaron frascos de capacidad de 0,25; 0,5 y de 1 litro, debidamente esterilizados y limpios con precintos de seguridad que indicaron ser de primer uso, para la recolección de las muestras de agua y posterior transporte al laboratorio para su análisis de los parámetros solicitados para la evaluación de los manantiales descritos en el presente trabajo.

3.3.2. Equipos de campo y de laboratorio

- **Equipo GPS (El sistema de posicionamiento global):** utilizado para el registro de las coordenadas geográficas en unidades UTM datum WGS 84 zona 17M (Cajamarca), de los manantiales y delimitación de la comunidad Huancate Sumac Mollepata.
- **Medidor multiparámetro portátil:** utilizado para las lecturas de iones de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura del agua.
- **Cámara fotográfica:** utilizado para el registró escenarios de la toma de muestras y del registro de la medición de los parámetros en campo.
- **Cronómetro:** utilizado para el registro de la hora de muestreo y medición del tiempo para calcular el caudal.

3.4. Metodología

3.4.1. Trabajo de campo

En la evaluación de los manantiales objeto de investigación se consideró la calidad del agua, tipo de fuente y volumen, donde se realizó las siguientes tareas en campo:

- Delimitación del área de interés de estudio, ubicación e identificación (número de manantiales) y parámetros a monitorear para determinar la calidad del agua.
- Se registró caudal, pH, oxígeno disuelto, temperatura y conductividad eléctrica del agua de los manantiales de estudio, de manera mensual y estacional (estiaje y lluvias) como parámetros de campo y físicos en el caso del caudal.
- El registro de caudal en los cinco (5) manantiales se realizó aplicado el método volumétrico, que consistió en dividir el volumen (en litros) de agua recogido en el depósito por el tiempo (en segundos) que demoró en llenarse, para el cálculo del caudal se aplicó la fórmula $Q = V/T$ el mismo que fue expresado en litros por segundo (Villavicencio 2010).
- Previo al uso del equipo multiparámetro se realizó el ajuste y verificación de las lecturas del electrodo que registra pH, para ello se utilizó las soluciones buffers: biftalato de potasio ($C_6H_4COOHCOOK$) de pH 4,01, solución fosfato compuesto (PO_4^{3-}) de pH 7,01 y solución en agua de carbonato compuesto (CO_3^{2-}) de pH 10,01 (BASES 2014). Las soluciones para ajustar el conductímetro son diversas entre ellas se tiene: soluciones de conductividades de $84 \mu S.cm^{-1}$ para mediciones de agua pura o destilada, de $1\ 413 \mu S.cm^{-1}$, $5\ 000 \mu S.cm^{-1}$ y $8\ 000 \mu S.cm^{-1}$ para medir muestras de alta conductividad tales como aguas residuales, de $12\ 880 \mu S.cm^{-1}$ para aplicaciones industriales y de $11\ 800 \mu S.cm^{-1}$ para condiciones de altas concentraciones de sal (HANNA 2014).
- La solución empleada para la verificación cero del sensor de oxígeno disuelto, es 20 gramos de sulfito de sodio Na_2SO_3 en 100 ml de agua desmineralizada, obteniéndose una solución al 20 % empleada mayormente en laboratorios de

calibración a una presión de 760 mmHg. El método de ajuste del sensor de OD en campo es empleando agua destilada saturada en una botella Winkler o ajuste en la atmosfera.

- El monitoreo de la DBO₅, DQO, SST, nitritos, sulfatos, metales totales, coliformes totales y fecales se realizó en los meses de estiaje (septiembre de 2013) y lluvias (abril de 2014). Para el monitoreo de los parámetros mencionados se tuvo en cuenta los procedimientos estandarizados establecidos en el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial”, teniendo presente que los frascos para toma de muestras estén completamente esterilizados.

3.4.2. Trabajo de laboratorio

- El análisis de las muestras tomadas (épocas de estiaje y lluvias) en los manantiales para los parámetros físicos, químicos y biológicos fueron realizadas por el laboratorio NKAP S.R.L. especializado en análisis de muestras de agua, suelo y acreditado por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI).
- Parámetro físico: sólidos suspendidos totales expresados en mg.L⁻¹ y caudal medido en campo.
- Parámetros químico: DBO₅, DQO, nitritos, sulfatos y metales totales por ICP (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Ce, Co, Cu, Cr, Sn, Sr, P, Fe, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Pb, K, Se, Si, Na, Tl, Ti, V y Zn), todos estos parámetros están expresados en mg.L⁻¹.
- Parámetros biológicos: Coliformes totales, fecales y termotolerantes expresados en NMP.100⁻¹ mL.

En las Tablas 3 y 4, se presenta los parámetros, límites de detección y el método de ensayo empleado por el laboratorio para el análisis de las muestras de agua que

fueron tomadas en los manantiales Cotosacha, Ñoñorco, La Masma, Chupiticaga y Vergaray.

Tabla 3. Límite de detección del método de ensayo

Parámetros	Límite de detección	Método de ensayo
Sólidos Suspendidos Totales	< 0,87 mg/L	SMEWW,APHA,AWWA,WEF. Part 2540 A,D 22th Ed. 2012
Demanda Bioquímica de Oxígeno	< 2 mg/L	SMEWW,APHA,AWWA,WEF. Part 5210 A,B 22th Ed. 2012
Demanda Química de Oxígeno	< 4,71 mg/L	SMEWW,APHA,AWWA,WEF Part 5220 A,C 22th Ed, 2012
Nitritos	< 0,001 mg/L	APHA 4500 NO ₂ - A,E 21th Ed, 2005
Sulfatos	< 0,52 mg/L	SMEWW,APHA,AWWA,WEF Part 4500-SO ₄ ²⁻ - A,E 22th Ed. 2012
Coliformes Fecales	< 1,8 NMP/100 ml	SMEWW,APHA,AWWA,WEF, Parte 9221 E1 22th Ed. 2012
Coliformes Termotolerantes	< 1,8 NMP/100 ml	APHA,AWWA,WEF, Cap 9 Parte 9221 A,B,C 22nd Ed 2012
Coliformes Totales	< 1,8 NMP/100 ml	APHA,AWWA,WEF, Cap 9 Parte 9221 A,B,C,E1 22nd Ed 2012

Fuente: (NKAP 2014).

Tabla 4. Límite de detección del método de ensayo

Parámetros	Límite de detección	Método de ensayo
Metales por ICP	Al<0,026; As<0,0133; Ba<0,0000358; Be<0,0000481; B<0,00814; Cd<0,000145; Cu<0,000387; Cr<0,0000296; P<0,00481; Fe<0,000723; Mn<0,00000659; Hg<0,0000326; Ni<0,000316; Pb<0,00158; Ag<0,00155; Se<0,0163; Va<0,000724 y Zn<0,000557 mg/L	EPA 200.7, Rev 4.4, 1994: Este método es un la consolidación de los métodos existentes para el análisis de agua superficiales, aguas residuales y sólidos. Acoplado inductivamente espectrometría de emisión atómica de plasma (ICP) se utiliza para determinar metales y algunos elementos no metálicos en solución.

Fuente: (Martin 1994).

3.4.3. Trabajo de gabinete

- Previo al registro mensual de los parámetros de pH, oxígeno disuelto, temperatura y conductividad eléctrica se ajustó y verificó el equipo multiparámetro con las soluciones buffer de calibración.
- La información obtenida producto de las lecturas de los parámetros de campo, registro de caudales, precipitación pluvial, temperatura ambiental y análisis de las muestras de agua; se sistematizó e interpretó el comportamiento de los valores registrados, evaluándose con los valores establecidos en los Estándares de

Calidad Ambiental para Agua, Categoría 1: Poblacional y recreacional, Subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y utilizando el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Dichos valores obtenidos corresponden a los períodos de estiaje y lluvias.

- Utilización de un software para la elaboración de mapas, paquetes estadísticos para las gráficas del comportamiento del caudal de los manantiales evaluados.
- Hojas de cálculo para promediar las precipitaciones pluviales, temperatura ambiental y caudal, siguiendo procedimientos científicos, fórmulas, leyes y enunciados, tal es el caso para el cálculo de caudal se utilizó la formula el método volumétrico donde $Q = V/T$.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Características climatológicas

Durante el período de evaluación de la calidad de agua de los manantiales realizado de junio de 2013 a abril de 2014, la precipitación pluvial promedio fue menor en un 14,93 % en comparación con la precipitación del periodo de junio de 2012 a abril de 2013. Cuando se inició (junio de 2013) con el registro del caudal de los manantiales se obtuvieron volúmenes mayores, comportándose en descenso para los meses sucesivos y con un breve ascenso en los meses de marzo y abril de 2014, el hecho estaría influenciado por el menor porcentaje de precipitaciones registrado durante el período de evaluación de este trabajo.

4.2. Parámetros de campo evaluados en los manantiales

Se realizaron doce (12) mediciones de los parámetros de campo (Caudal, temperatura del agua, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto) de manera mensual abarcando los períodos de estiaje y lluvias.

4.2.1. Caudal de los manantiales

De la medición de caudal realizado de junio de 2013 a mayo de 2014 en los cinco (5) manantiales de estudio se obtuvo los caudales que se presentan en la Tabla 5, los mismos que fueron calculados aplicando la fórmula del método volumétrico.

Tabla 5. Caudal de los manantiales

Manantiales	Oferta de Agua			
	Unidad	Q. Máximo	Q. Mínimo	Q. Promedio
Cotosacha	L.s ⁻¹	0,121	0,060	0,089
Ñoñorco	L.s ⁻¹	0,153	0,003	0,046
La Masma	L.s ⁻¹	0,334	0,217	0,286
Chupiticaga	L.s ⁻¹	0,578	0,369	0,456
Vergaray	L.s ⁻¹	0,559	0,386	0,474

Fuente: Elaboración propia a partir de los registros mensuales de caudal

El caudal máximos registrado en los manantiales de esta investigación fueron en junio de 2013 para los manantiales Chupiticaga y Vergaray, en agosto de 2013 para los manantiales Cotosacha y La Masma, y en marzo de 2014 para el manantial Ñoñorco.

El caudal mínimos registrado de los manantiales de esta investigación fueron en diciembre de 2013 para el manantial Vergaray, en enero de 2014 para los manantiales Cotosacha, Ñoñorco y Chupiticaga, y en febrero de 2014 para el manantial La Masma.

Los manantiales empiezan a elevar su caudal en el mes de marzo, considerado como el mes de las máximas precipitaciones pluviales para el área de estudio donde se ubican los manantiales Cotosacha, Ñoñorco, La Masma y Chupiticaga; y en febrero para el manantial Vergaray, pero que no han superado sus caudales iniciales, a excepción del manantial Ñoñorco que se registró un caudal mayor en tres (3) veces ($0,153 \text{ L.s}^{-1}$) del obtenido inicialmente ($0,051 \text{ L.s}^{-1}$), este último podría estar influenciando debido a que se encuentra a mayor altura msnm.

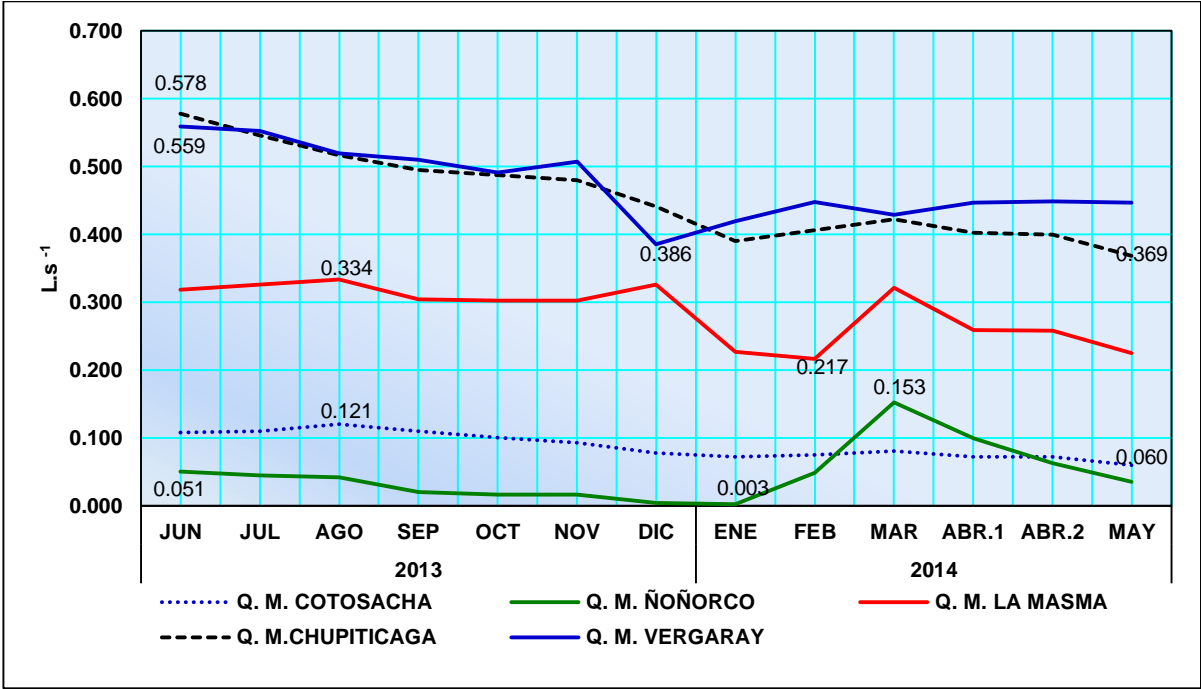


Figura 7. Caudal máximo y mínimo de los manantiales

4.2.2. Caudal promedio de los manantiales

El caudal promedio que ofertan los manantiales evaluados en esta investigación, como fuentes únicas para el consumo de la población de Pomabamba fue de 1,352 L.s⁻¹, siendo el máximo valor de 1,615 L.s⁻¹ y el mínimo de 1,113 L.s⁻¹, tal como se observa en la Figura 8. Asimismo, en la figura se puede observar que el caudal total de los manantiales evaluados fue mayor en el mes de junio de 2013, notándose un descenso en los meses posteriores, el hecho estaría influenciado por el menor porcentaje de precipitaciones registradas durante el periodo de evaluación de este trabajo que fue 582,15 mm en comparación con el periodo junio de 2012 a abril de 2013 que se registró 684,35 mm, indicando que el caudal de los manantiales es directamente proporcional a las precipitaciones pluviales, es decir, a mayor precipitación pluvial mayor caudal, y las recargas del agua subterránea que aflora en los manantiales es por la infiltración del agua de escorrentía producto de las precipitaciones pluviales.

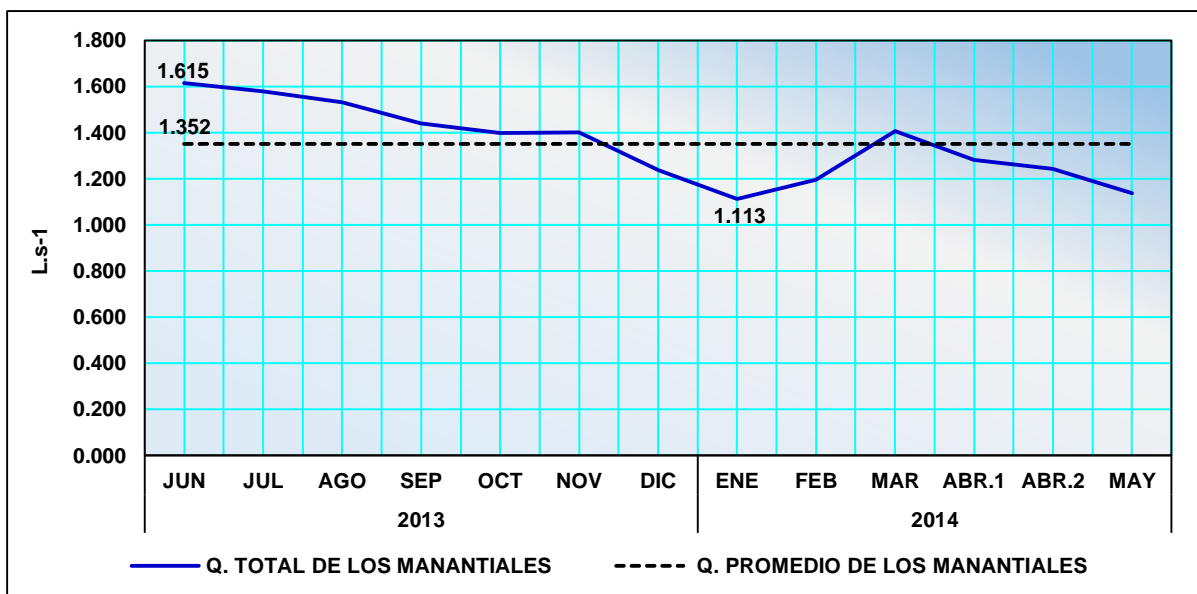


Figura 8. Caudal promedio de los manantiales

4.2.3. Oferta y demanda del agua en la población de Pomabamba

A partir de la población en el caserío de Pomabamba al año 2014 y teniendo en cuenta la tasa de crecimiento poblacional (0,8%) para el departamento de Cajamarca, de acuerdo al crecimiento intercensal de 1993 a 2007 (INEI 2007), se calculó la población futura. La dotación de agua o demanda para sistemas de abastecimientos por gravedad sin tratamiento en la región andina es de 50 L.hab⁻¹.día⁻¹ (CEPES 1997), con ello se calculó la proyección de la demanda de agua en función de la población.

A diciembre de 2014, la población en el caserío de Pomabamba fue de 895 habitantes que en promedio consumen o demandan 44,750 m³.día⁻¹ de agua, y los manantiales de esta investigación ofertan en promedio 116,813 m³.día⁻¹, el cual indica que solo el 38,31 % de la oferta es consumida, y el 61,69 % del volumen de agua ofertada se estaría perdiendo por infiltración en las captaciones, líneas de conducción, aducción y distribución debido a la a la longevidad de la infraestructura o debido al incorrecto uso del agua.

La demanda de agua por los habitantes del caserío de Pomabamba al año 2028 será 103,31 m³.día⁻¹ cuando el caserío albergue una población de 2 066 habitantes (Tabla 33 del anexo 3), generando un déficit hídrico de 7,43 % para para cubrir la demanda la población de Pomabamba, tal como se puede observar en la Figura 9.

Es importante mencionar que la proyección de la demanda de agua ha sido calculada con el caudal mínimo (96,163 m³.día⁻¹) de la oferta de los manantiales, debido a que, el comportamiento de las precipitaciones registradas en las estaciones meteorológica tienden a disminuir (Tablas 13, 14, 15 y 16 del anexo1). Asimismo la proyección de la demanda puede verse afectada a medida que se busque nuevas fuentes de agua o las precipitaciones pluviales sean mayores para el área de estudio.

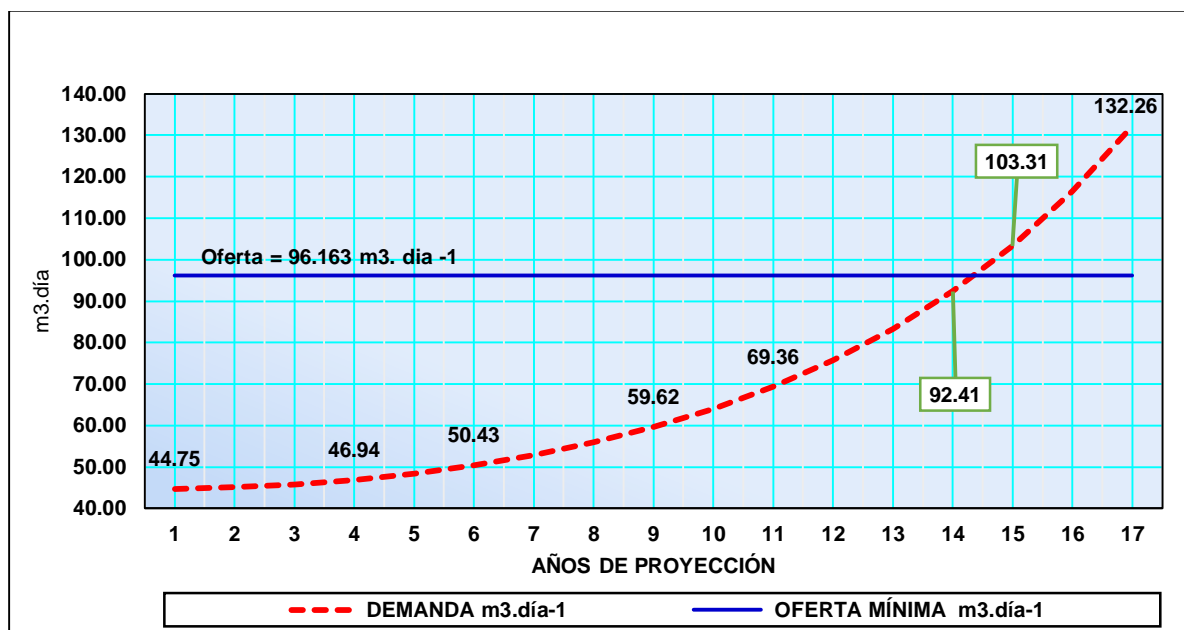


Figura 9. Proyección de la demanda de agua

4.2.4. Temperatura del agua

El agua de los manantiales es producto de porosidad del suelo que facilita la infiltración y percolación de las precipitaciones pluviales; el agua subterránea por lo general mantiene temperaturas constantes a diferencia de las aguas superficiales que varían por la circulación en función de las cotas msnm de desplazamiento.

La temperatura del agua de los manantiales oscila de 14,40 a 19,0 °C, siendo la mínima para el manantial Vergaray registrada en el mes de abril y la máxima para el manantial Chupiticaga registrada en el mes de setiembre (Tabla 38 del anexo 4). La temperatura ambiental mínima y máxima mensual fue de 7,43 y 22,11 °C para el área de estudio, lo que indicaría que la temperatura del agua de los manantiales no es influenciada por la temperatura ambiental.

4.2.5. Lectura de pH en el agua

De los sesenta (60) valores registrados de pH durante el periodo de evaluación, se obtuvo valores que oscilan entre 5,10 a 6,68, de los cuales el 96,7 % de los valores se ubican bajo el rango de 6,5 a 8,5 establecido en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua Categoría 1: Poblacional y recreacional, Subcategoría A1: Aguas que

pueden ser potabilizadas con desinfección (Tabla 39 del anexo 4), y sólo en el manantial Vergaray en los meses de junio y julio se registró valores de 6,68 y 6,67 que cumplen con los valores del rango establecido en el ECA para Agua. De acuerdo al porcentaje de valores bajo el rango de los ECA para Agua, se deduce que el agua que oferta los manantiales es ligeramente acida.

La acidez del agua de los manantiales puede deberse a que el afloramiento del agua es producto de las infiltraciones del agua de escorrentía causada por las precipitaciones que a su paso disuelven las rocas generando iones que ocasiona la acidez, los iones más frecuentes son el Na⁺, K⁺ y Fe⁺; en el caso del sodio, éste reacciona con el agua generando el NaOH y H⁺ como producto, los hidróxidos de sodio se pierden rápidamente en el suelo y el ion hidrógeno H⁺ queda libre facilitando la acidez del agua.

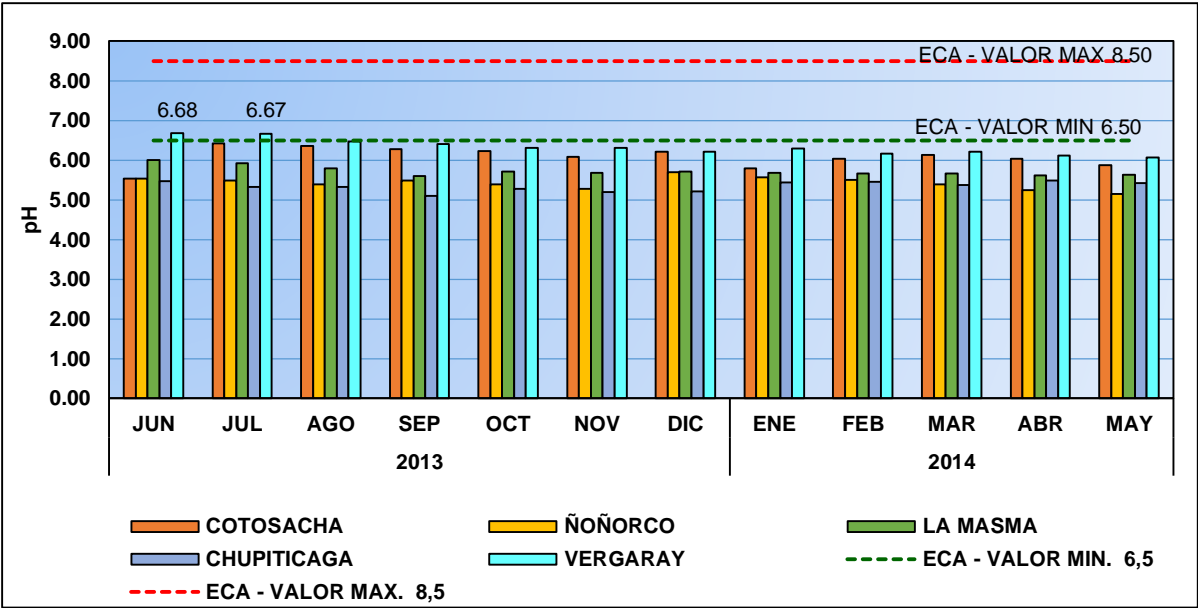


Figura 10. pH del agua

4.2.6. Conductividad eléctrica del agua

Durante el periodo de ejecución de este trabajo se registró una conductividad eléctrica que se mantuvo entre 14,40 a 42,00 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, siendo el valor mínimo registrado en el manantial Ñoñorco y el valor máximo registrado en el manantial Cotosacha. De los sesenta valores registrados el 100 % se encuentran bajo el valor de 1500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

cumpliendo con el ECA para Agua Categoría1, Subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, tal como se puede observar en el Figura 11.

La conductividad es la capacidad para conducir la electricidad y se debe a la presencia de iones y de sales disueltas producto de la disolución de las rocas a medida que el agua atraviesa el subsuelo, a mayor concentración de sales disueltas mayor conductividad (Fernandez & Volpedo 2011).

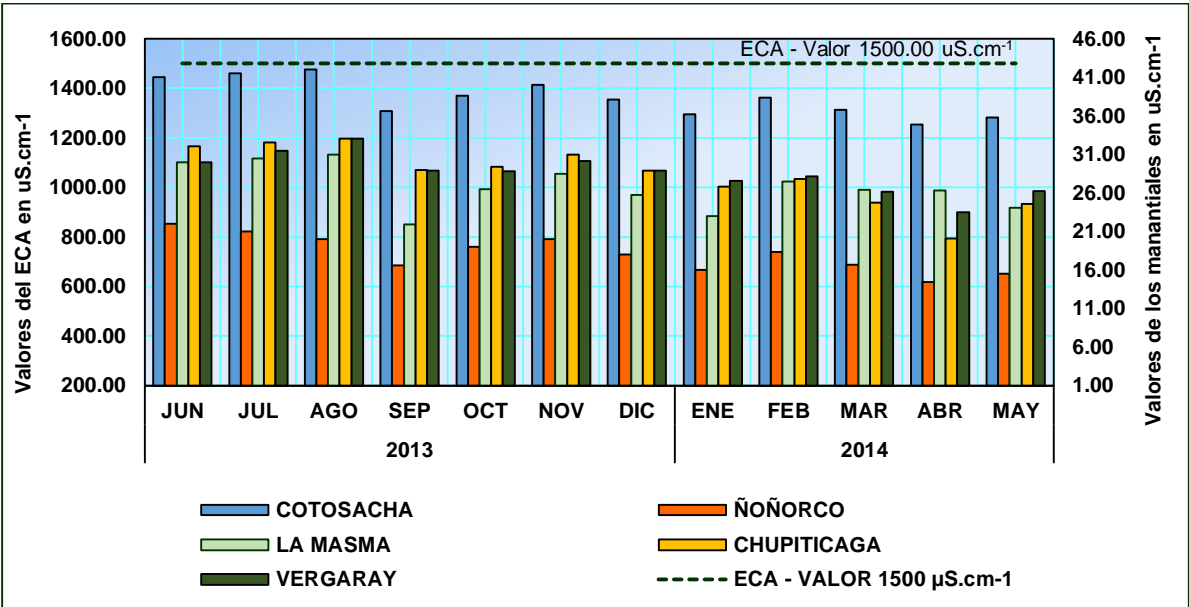


Figura 11. Conductividad eléctrica del agua

4.2.7. Oxígeno disuelto del agua

El afloramiento de agua en los manantiales tiene su origen en el agua de lluvia que se infiltra en el suelo; en un cuerpo de agua se produce y a la vez se consume oxígeno la producción de oxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras el consumo dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas (Illaseñor 1979).

Según los estudios de calidad de agua subterránea realizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, describe que la mayoría de aguas subterráneas tienen una concentración de 0 a 5 mg.L⁻¹ OD (Cabrera 1997), y en el estudio realizado en catorce (14) manantiales de la microcuenca Atécuaro – México

por la Universidad de San Nicolás de Hidalgo, los valores promedio anual de OD oscila entre 3,40 a 6,42 mg.L⁻¹ (González 2006).

De los sesenta (60) valores registrados en los manantiales, se presentó valores que están oscilando de 3,0 a 5,89 mg.L⁻¹ de oxígeno disuelto. Indicando que las concentraciones de OD en los manantiales son características naturales del agua subterránea y no por que exista un exceso de consumo de oxígeno por microorganismo presentes en los afloramientos de los manantiales.

Los ECA para Agua Categoría 1, Subcategoría A1, establece un valor, que debe ser mayor o igual a seis miligramos por litro (≥ 6 mg.L⁻¹) y los valores los registros en los manantiales están por debajo del valor establecido en el ECA para Agua, incumpliendo la norma de referencia, tal como se puede observar en la Figura 12.

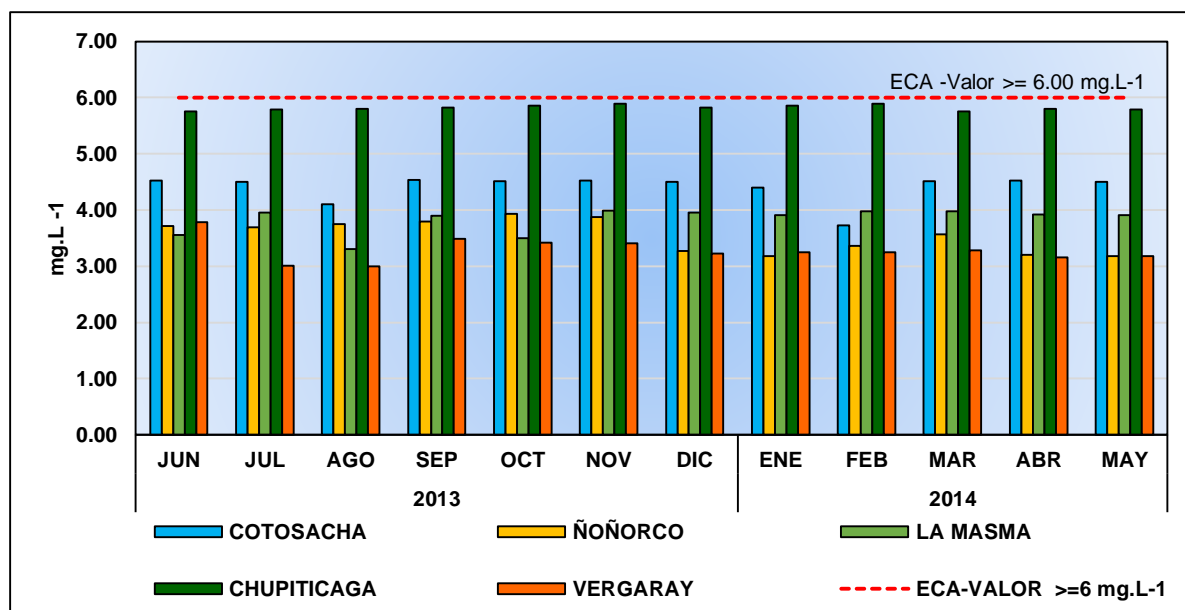


Figura 12. Oxígeno disuelto del agua

4.3. Parámetros analizados en el laboratorio

La calidad de agua no es una característica absoluta, sino que es más un atributo definido socialmente en función al uso que se piense dar al líquido, cada uso requiere de un determinado estándar de calidad ambiental, para el caso del agua de los manantiales que abastecen a la población de Pomabamba, le corresponde la

Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección de acuerdo a los ECA para Agua.

4.3.1. Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO, es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica biodegradable y no biodegradable. Se utiliza para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en el agua (Sánchez 2007).

La DQO en el agua de los manantiales, fue menor al límite de detección (4,62 mg.L⁻¹) del método de análisis (APHA, AWWA, WEF 5220 A, C 22th Ed, 2012) a excepción del manantial Vergaray que alcanzó un valor de 6,48 mg.L⁻¹ en el período de lluvias, cumpliendo con el valor de 10 mg.L⁻¹ establecido en los ECA para Agua, esto probaría la ausencia de materia orgánica durante el período de evaluación de los manantiales, tal como se puede observar en la Figura 13.

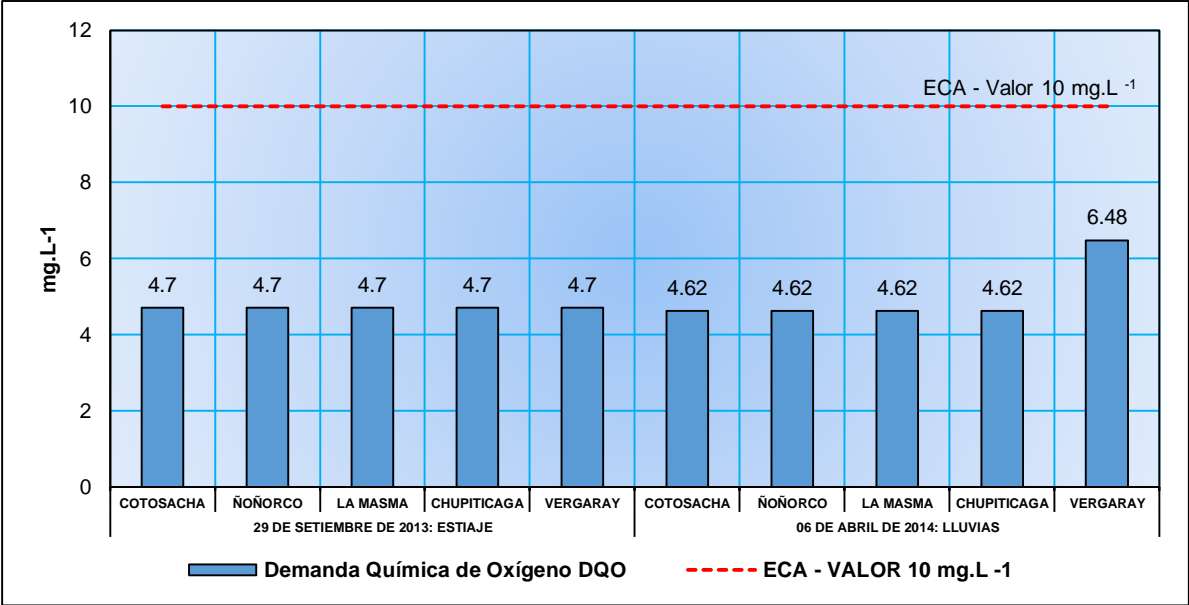


Figura 13. Demanda química oxígeno en el agua

4.3.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DQO₅)

La DBO₅, corresponde a la cantidad de oxígeno consumido por la degradación bioquímica de la materia orgánica biodegradable contenida en la muestra, durante un intervalo de tiempo específico y a una temperatura determinada (Doménech & Perales 2006). La DBO₅ en el agua de los manantiales fue menor al límite de detección (2 mg.L⁻¹) del método de análisis (EPA. Method 1664 A 1999) a excepción del manantial Vergaray donde se presentó una concentración de 2,51 mg.L⁻¹ en el período de lluvias, cumpliendo con el valor de 3 mg.L⁻¹ establecido en los ECA para Agua, tal como se puede observar en la Figura 14.

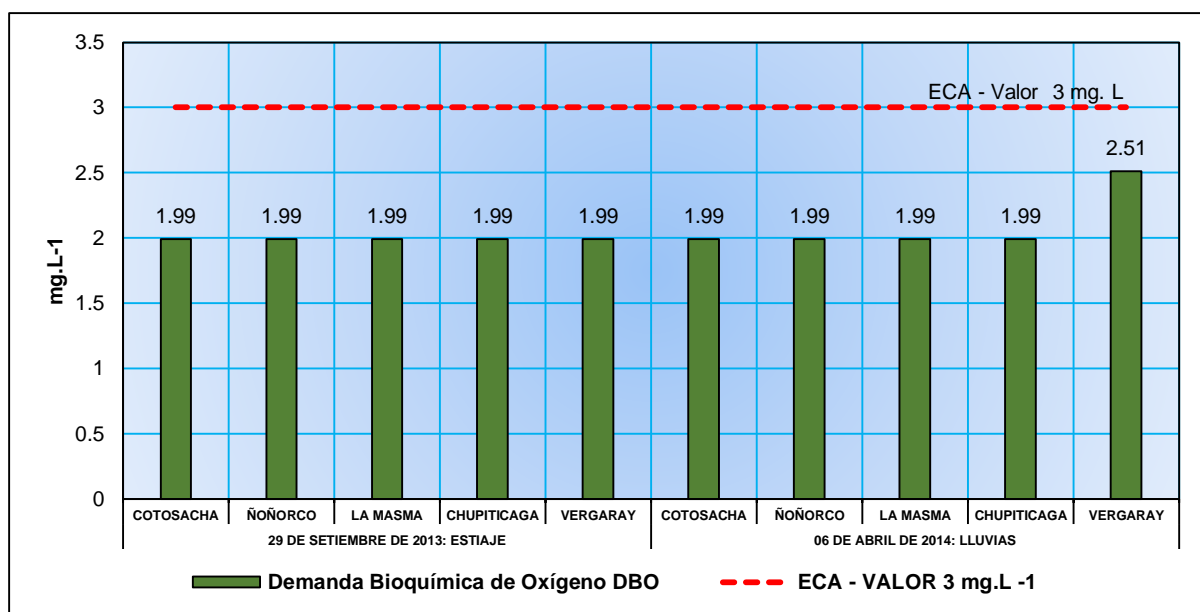


Figura 14. Demanda bioquímica de oxígeno en el agua

4.3.3. Concentración de aluminio (Al)

El aluminio es uno de los elementos más abundantes, constituyendo alrededor de 8% de la corteza terrestre presente en los silicatos; la Organización Mundial de la Salud establece una concentración de 0,2 mg.L⁻¹ para agua de consumo (OMS 2003); la concentración de aluminio en el agua de los manantiales ha tenido similar comportamiento tanto en el período de estiaje como en el de lluvias superando el valor de 0,2 mg.L⁻¹ también establecido en los ECA para Agua, la mayor

concentración de aluminio se presentó en los manantiales Cotosacha, Ñoñorco y Vergaray, tal como se puede observar en el Figura 15.

La concentración de aluminio en los manantiales mencionados fue mayor en el período de lluvias alcanzando un valor máximo de 0,28 mg.L⁻¹ en el manantial Cotosacha, esto podría estar relacionado con la infiltración del agua de escorrentía producto de las precipitaciones pluviales que su paso por la corteza terrestre desprenden y arrastran los elementos como el aluminio.

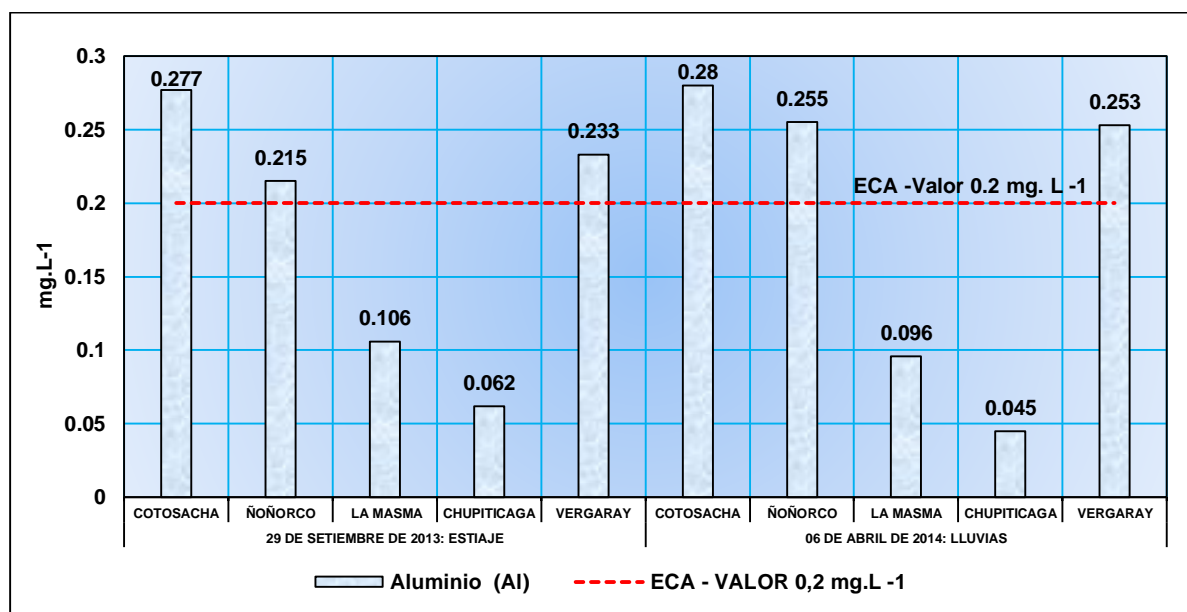


Figura 15. Concentración de aluminio en el agua

4.3.4. Concentración de arsénico (As)

El arsénico es un elemento distribuido extensamente por toda la corteza terrestre, en su mayoría en forma de sulfuro de arsénico (As₂S₃) o de arseniatos (AsO₄³⁻) y arseniuros metálicos estando presente en el agua por la disolución de minerales o menas de origen natural (OMS 2003).

La concentración de arsénico en los manantiales evaluados, en ningún caso han superado el límite de detección (0,0133 mg.L⁻¹) del método de ensayo (EPA 200.7 Rev 4.4 1994), que es mayor al valor de 0,01 mg.L⁻¹ establecido en los ECA para Agua. Por tal se ha considerado el valor 0,0132 mg.L⁻¹ inmediato inferior del límite de

detección, asumiendo que ha sido detectado por el método de ensayo pero no cuantificado, y que la concentración de arsénico en los manantiales puede estar cumpliendo o no con los ECA para Agua.

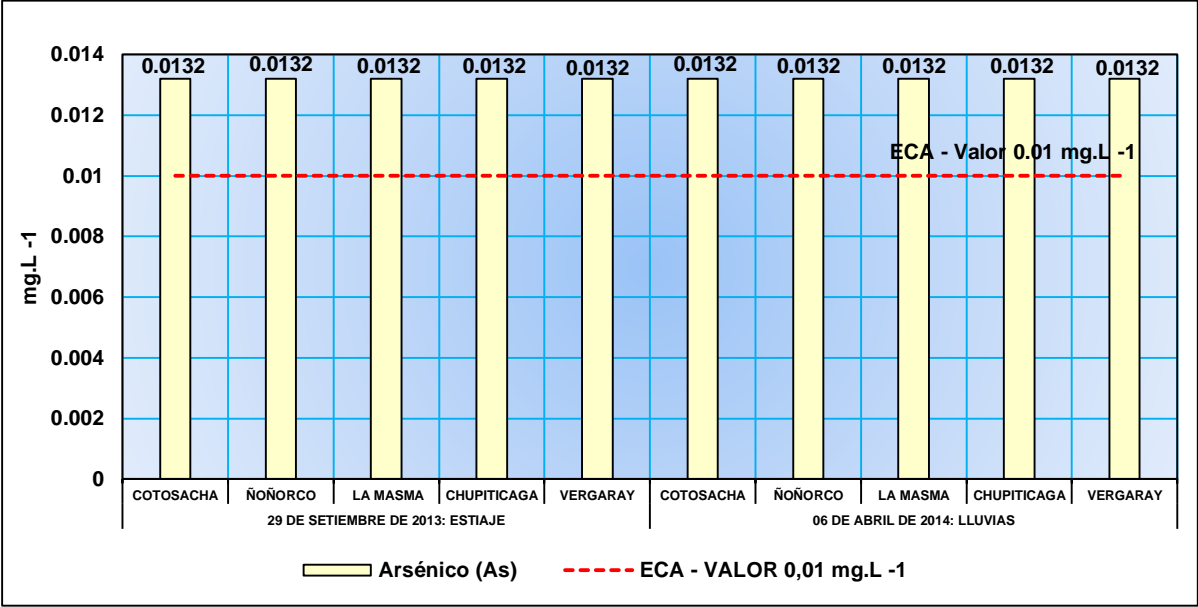


Figura 16. Concentración de arsénico en el agua

4.3.5. Concentración de cadmio (Cd)

La concentración de cadmio en el agua de los manantiales evaluados, no han superado el límite de detección ($1,45 \cdot 10^{-4}$ mg.L⁻¹) para el análisis se utilizó el método de ensayo (EPA 200.7 Rev 4.4 1994). Por tal motivo se ha considerado el valor $1,44 \cdot 10^{-4}$ mg.L⁻¹ inmediato inferior del límite de detección, asumiendo que ha sido detectado por el mismo método de ensayo pero no cuantificado. Pero debido a que el límite de detección de método de ensayo es menor al valor establecido en el ECA para Agua, se asume que las concentraciones de cadmio registrado en los manantiales en los periodos de estiaje y lluvias cumplen con los ECA para Agua Categoría1, subcategoríaA1, tal como se puede observar en la Figura 17.

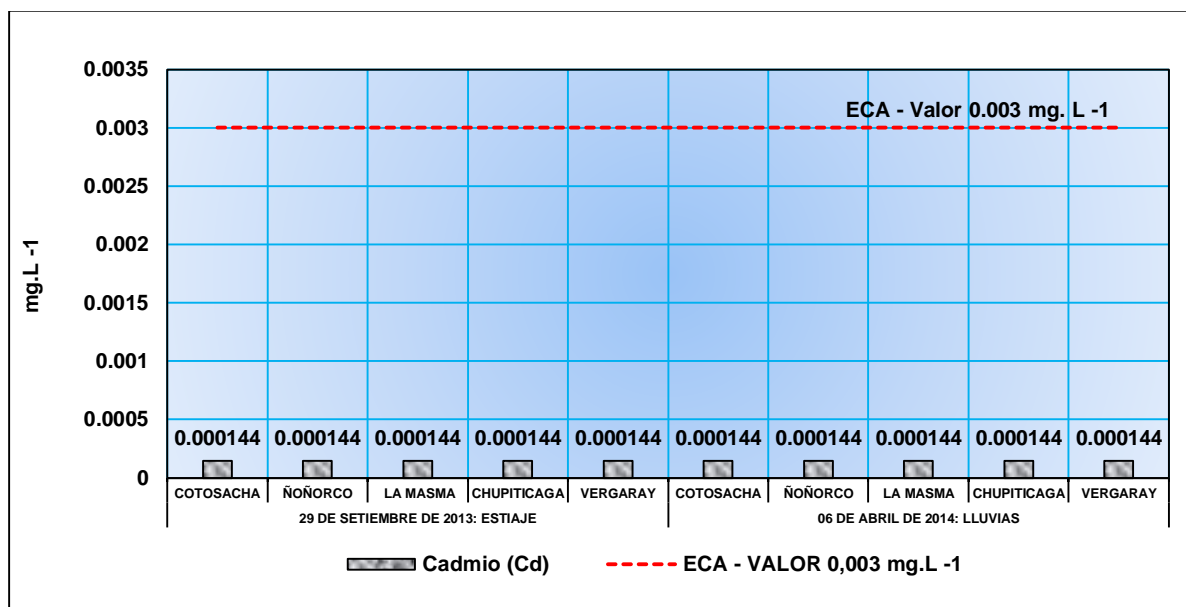


Figura 17. Concentración de cadmio en el agua

4.3.6. Concentración de cromo (Cr)

La concentración de cromo en el agua de los manantiales Cotosacha y Chupiticaga han superado el valor ($0,05 \text{ mg.L}^{-1}$) establecido en los ECA para Agua, alcanzando concentraciones de $0,068$ y $0,428 \text{ mg.L}^{-1}$ respectivamente, esto podría estar relacionado con la circulación del agua subterránea producto de la infiltración del agua de escorrentía que a su paso por la corteza terrestre desprenden y transportan elementos metálicos hasta el afloramiento.

Las concentraciones de cromo en los demás manantiales no han superado el límite ($2,96 \cdot 10^{-5} \text{ mg.L}^{-1}$) de detección del método de ensayo (EPA 200.7 Rev 4.4 1994). Por tal motivo se ha considerado el valor $2,95 \cdot 10^{-5} \text{ mg.L}^{-1}$ inmediato inferior del límite de detección, asumiendo que ha sido detectado por el método de ensayo pero no cuantificado, tal como se puede observar en el Figura 18.

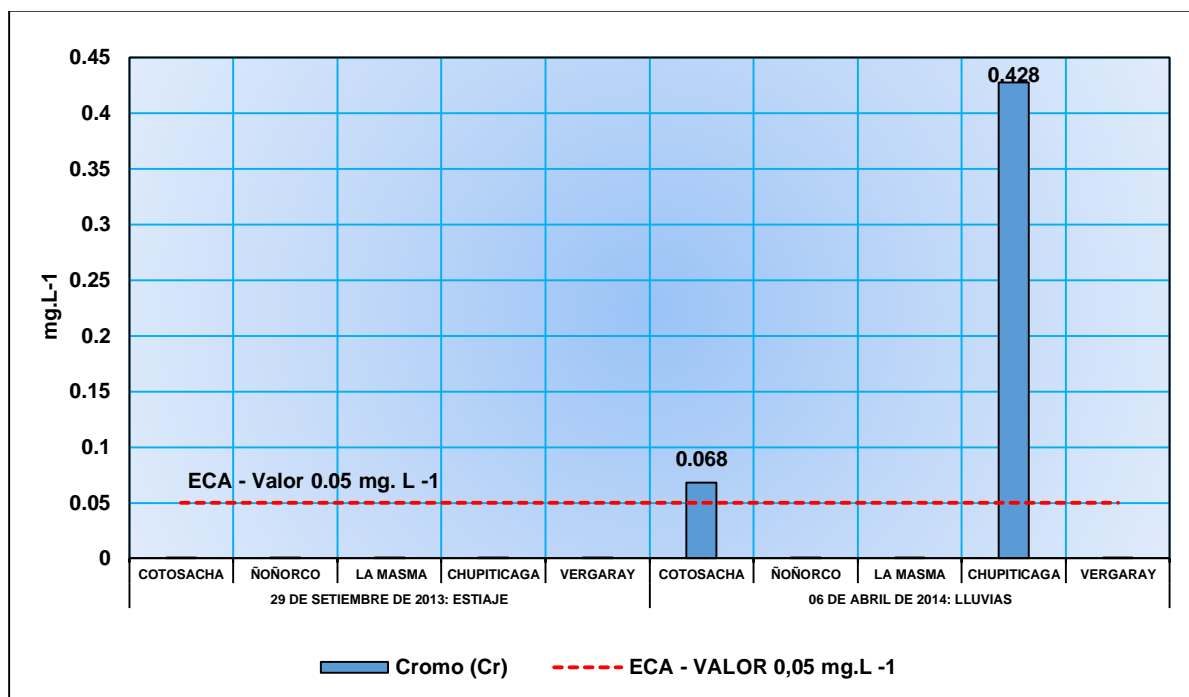


Figura 18. Concentración de cromo en el agua

4.3.7. Concentración de hierro (Fe)

El hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre estando presente en las fuentes de agua en concentraciones de 0,5 a 50,0 mg.L⁻¹ por la disolución de minerales de hierro (OMS 2003). La concentración de hierro en el agua de los manantiales evaluados sólo en los manantiales Cotosacha y Chupiticaga ha superado el valor de 0,3 mg.L⁻¹ establecidos en el ECA para Agua. La concentración máxima registrada de hierro se dio la época de estiaje registrándose valores de 0,344 y 0,589 mg.L⁻¹ respectivamente.

La concentración de hierro en la época de estiaje fue de $7,23 \cdot 10^{-4}$, 0,344 y 0,589 mg.L⁻¹ para los manantiales La Masma, Cotosacha y Chupiticaga siendo valores atípicos a diferencia de las concentraciones obtenidas en la época de lluvias donde se presentaron concentraciones más uniformes, tal como se puede observar el Figura 19.

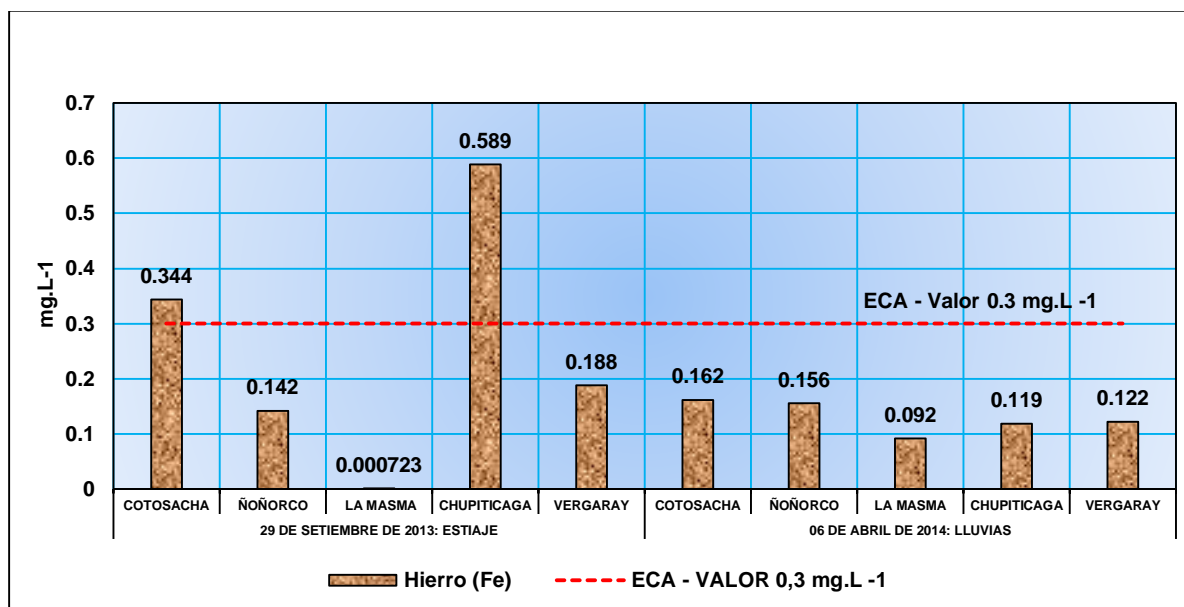


Figura 19. Concentración de hierro en el agua

4.3.8. Concentración de plomo (Pb)

La concentración de plomo en el agua de los manantiales evaluados en el período de estiaje no ha superado el límite ($1,68 \cdot 10^{-3} \text{ mg.L}^{-1}$) de detección del método de ensayo (EPA 200.7 Rev 4.4 1994). Por tal se ha considerado el valor $1,67 \cdot 10^{-3} \text{ mg.L}^{-1}$ inmediato inferior del límite de detección, asumiendo que ha sido detectado por el método de ensayo pero no cuantificado, en cambio en el período de lluvias las concentraciones fueron mayores en todos los manantiales alcanzando la concentración de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ en el manantial Cotosacha igualándose con el valor establecido en el ECA para Agua.

La mayor concentración de plomo registrado fue en la época de lluvias en todos los manantiales, esto podría estar relacionado con la infiltración del agua de escorrentía producto de las precipitaciones pluviales que su paso por la corteza terrestre desprenden y transportan los elementos metálicos disueltos hasta los afloramientos, las concentraciones de plomo se presentan Figura 20.

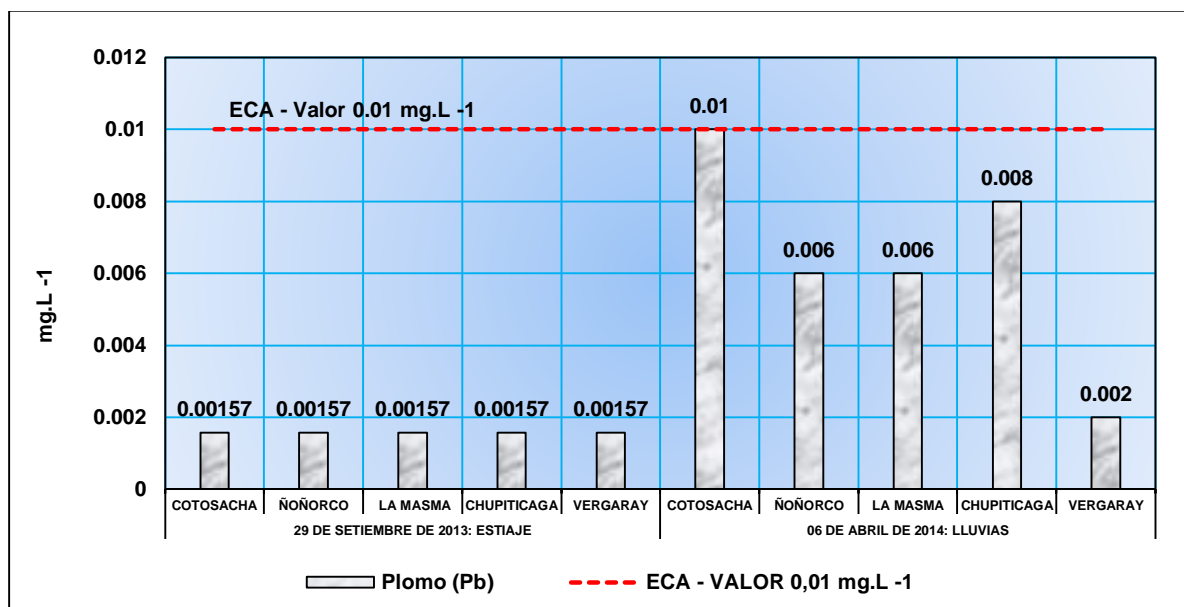


Figura 20. Concentración de plomo en el agua

4.3.9. Concentración de selenio (Se)

El selenio está presente en la corteza terrestre generalmente asociado con minerales que contienen azufre al igual que otros elementos traza, el selenio puede tener efecto bimodal, pudiendo ser considerado esencial o tóxico dentro de un rango estrecho de concentración (Rodríguez 2003).

La concentración de selenio en el agua de los manantiales evaluados, en ningún caso ha superado el límite de detección ($1,63 \cdot 10^{-2}$ mg.L⁻¹) del método de ensayo (EPA 200.7 Rev 4.4 1994), que es mayor al valor (0,01 mg.L⁻¹) establecido en el ECA para Agua. Por tal se ha considerado el valor 0,0162 mg.L⁻¹ inmediato inferior del límite de detección, asumiendo que ha sido detectado por el método de ensayo pero no cuantificado, y que la concentración de selenio en los manantiales puede estar cumpliendo o no con los ECA para Agua, tal como se puede observar en la Figura 21.

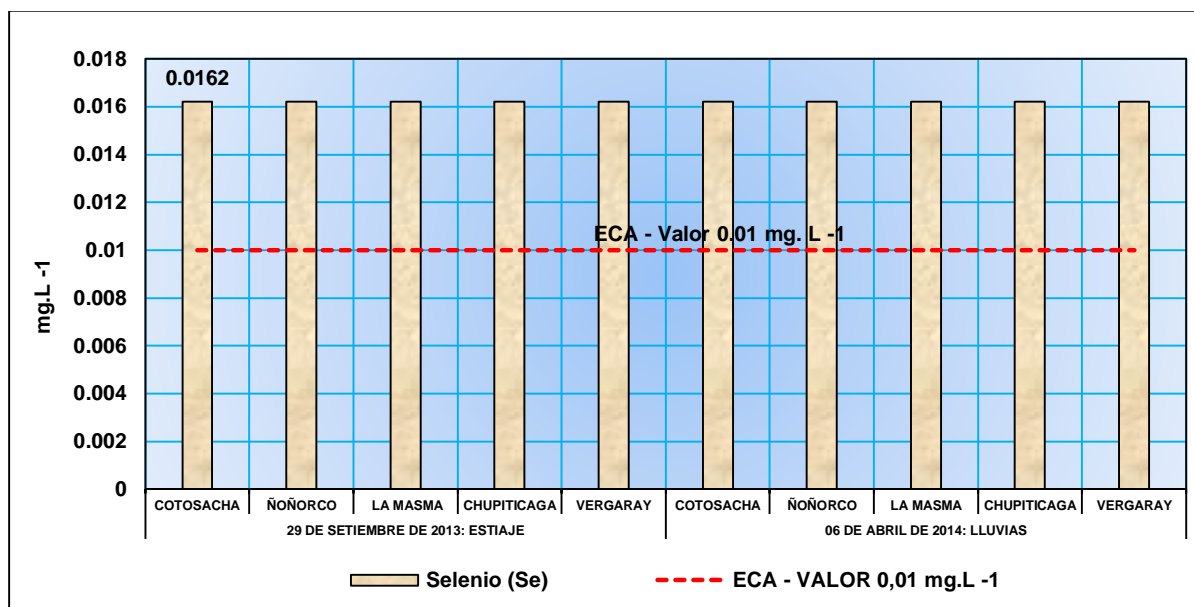


Figura 21. Concentración de selenio en el agua

4.3.10. Otros parámetros analizados

Las concentraciones de calcio, potasio y sodio en el agua de los manantiales evaluados, se presentan con mayor relevancia en el período de estiaje en comparación con el período de lluvias y para estos parámetros no se propone ningún valor de referencia en el ECA para Agua, Categoría1, Subcategoría A1: aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

El Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de la Republica de Colombia estableció las características físicas y químicas del agua para consumo humano donde se establece un valor máximo aceptable de $60,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para el parámetro calcio dentro de las características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana (MAVDT 2007), sin embargo concentración mínima y máxima de calcio en los manantiales de estudio fue de $0,229$ a $2,733 \text{ mg.L}^{-1}$, siendo la mínima en el manantial La Masma en la época de lluvias y la máxima en el manantial Chupiticaga la época de estiaje.

Las normas de la organización mundial de la salud - OMS para la calidad del agua potable, establecidas en Génova de 1993, la Norma Oficial Mexicana Nom-127-SSA1-1994 y el Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud Peruano establecieron un valor máximo aceptable de 200,0 mg.L⁻¹ de niveles de sodio en aguas de consumo humano, sin embargo la concentración de sodio en los manantiales de estudio fue de 0,107 a 17,06 mg.L⁻¹ (Tabla 45 del anexo 5), siendo el mínimo en el manantial de Ñoñorco en la época de lluvias y el máximo valor en el manantial Vergaray en la época de estiaje.

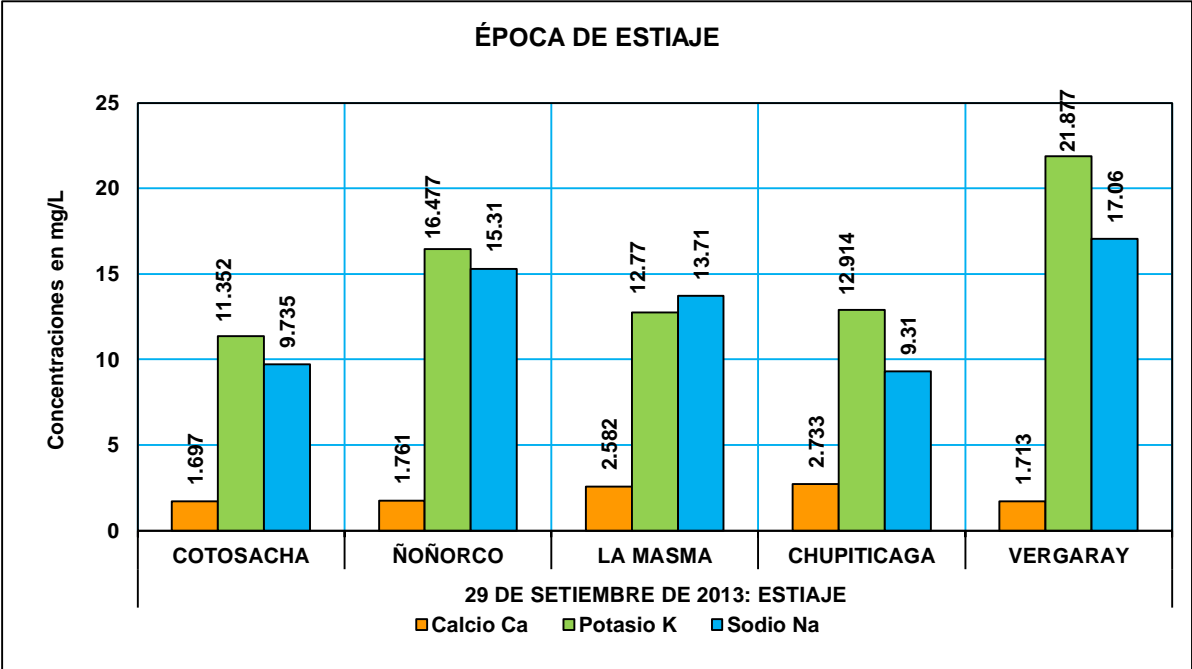


Figura 22. Concentración de calcio, potasio y sodio en la época de estiaje

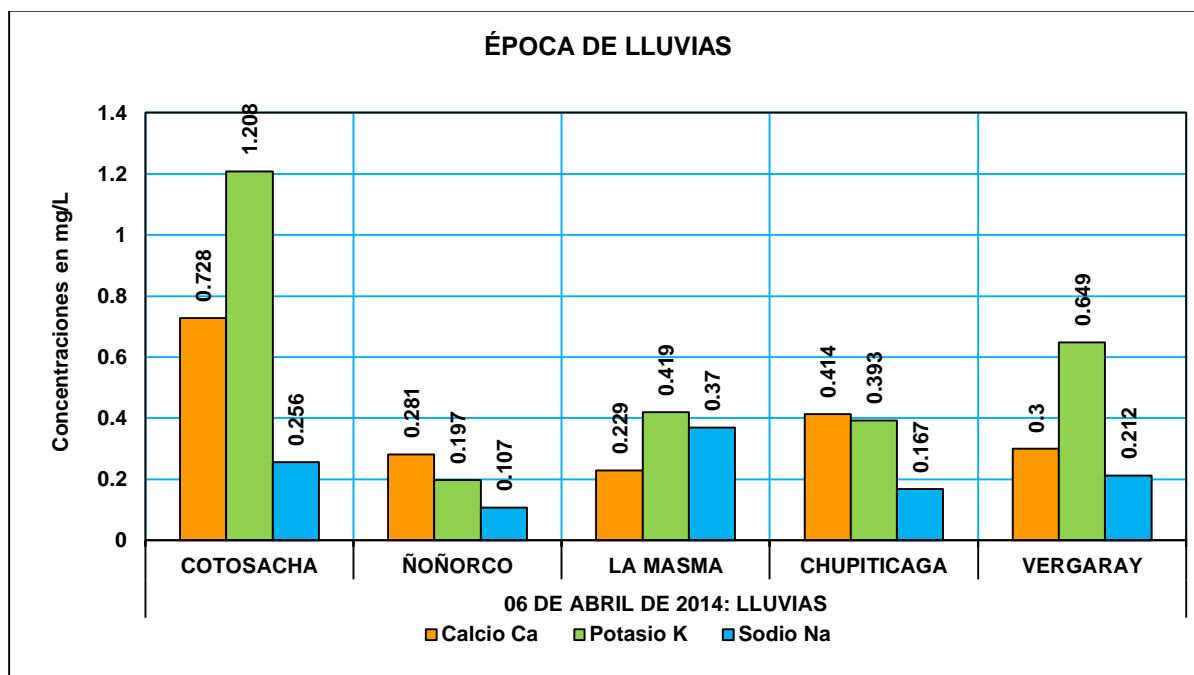


Figura 23. Concentración de calcio, potasio y sodio en la época de lluvias

Las concentraciones de sólidos suspendidos totales, nitritos, bario, berilio, boro, cobre, manganeso, mercurio, níquel, plata, vanadio y zinc, no han superado el valor del límite de detección del método de ensayo aplicado para el análisis de las muestras de agua de los manantiales.

La presencia coliformes totales (CT) en el agua de los manantiales evaluados en el período de lluvias fue $23,0 \text{ NMP} \cdot 100^{-1} \text{ mL}$ para los manantiales Cotosacha y La Masma siendo los únicos que han mostrado la presencia de coliformes totales, pero que está cumpliendo con el ECA para agua que establece $50,0 \text{ NMP} \cdot 100^{-1} \text{ mL}$. El número más probable de coliformes fecales y termotolerantes no han superado el límite de detección ($< 1,8$) del método (APHA, AWWA, WEF, Cap. 9, Parte 9221 A, B, C, E1 22nd Ed. 2012) de ensayo aplicado para el análisis de las muestras de agua.

Sin embargo de acuerdo a los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos del reglamento de la calidad del agua para consumo humano establecido por Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Establece un límite máximo permisible de cero (0) para los coliformes totales y termotolerantes; en tal sentido los valores registrados en la época de lluvias en los manantiales Cotosacha,

Ñoñorco, La Masma y Chupiticaga no cumplen con los LMP del Ministerio de Salud. Es importante mencionar que los LMP son aplicables cuando la muestra para el análisis por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml es tomada después del proceso de tratamiento o antes de la línea de distribución.

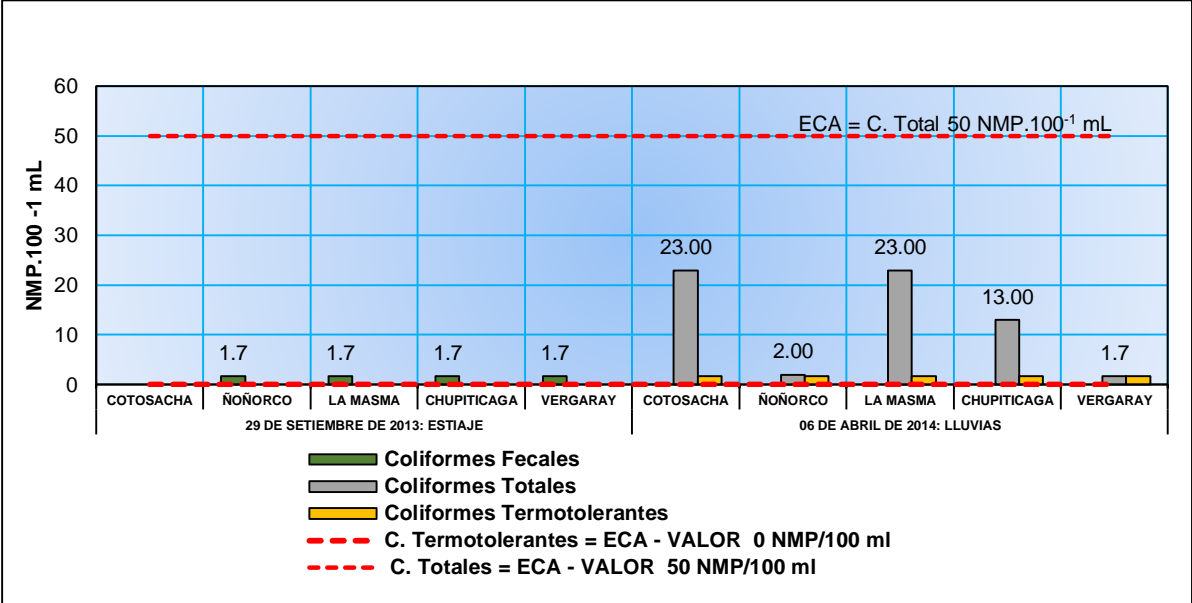


Figura 24. Presencia de coliformes en los manantiales

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Los manantiales evaluados son fuentes únicas de agua, ofertando en promedio 116,813 m³.día⁻¹ de agua subterránea influenciada directamente por las precipitaciones pluviales.

La población del caserío de Pomabamba solo consume el 38,31 % de la oferta y el 61,69 % se pierde por infiltración en las captaciones, líneas de conducción, aducción y distribución debido a la longevidad de la infraestructura o por el inadecuado uso.

La demanda de agua por la población de Pomabamba al año 2028 será de 103,31 m³.día⁻¹ generando un déficit hídrico de 7,43 %, cuando el caserío de Pomabamba albergue una de 2 066 habitantes.

El 96,7 % de pH registrado en los manantiales evaluados no cumplen con el rango establecido en los ECA para Agua Categoría 1, Subcategoría A1, determinado que el agua que oferta los manantiales es ligeramente ácida debido a la disolución de las rocas que liberan cationes de Na⁺, K⁺, Fe³⁺ y As³⁺ los mismos que son arrastrados a los afloramientos.

Los valores registrados de oxígeno disuelto oscilan de 3,0 a 5,89 mg.L⁻¹ siendo característico del agua subterránea que aflora en los manantiales, pero que no cumplen con el valor $\geq 6,00$ m.L⁻¹ establecido en el ECA para Agua Categoría 1, Subcategoría A1.

EL agua de los manantiales es de buena calidad por las concentraciones mínimas de DBO, DQO, SST, coliformes totales, fecales y termotolerantes cumpliendo con los valores establecido en los ECA para Agua Categoría 1, Subcategoría A1.

Las concentraciones de Al, Cr y Fe evaluados en los manantiales Cotosacha, Ñoñorco, Vergaray y Chupiticaga no cumplen con los valores establecidos ECA para Agua Categoría 1, Subcategoría A1. A excepción del manantial La Masma donde se registró concentraciones bajo la norma de referencia.

5.2. Recomendaciones

Realizar actividades de forestación con especies nativas de la zona, construcción de zanjas de infiltración para cosechar el agua que se pierde por escorrentía y buscar otras fuentes de agua subterránea para satisfacer la demanda futura de la población del caserío de Pomabamba.

Construcción de zanjas de coronación en los manantiales para evitar el ingreso del agua de escorrentía concentrada con sólidos, materia orgánica u otros elementos que pueden ayudar a la proliferación de microorganismos que alteren la DBO, DQO, SST y el número más probable de coliformes.

Realizar una aireación por gravedad para aumentar el contenido de oxígeno disuelto y disminuir las sustancias volátiles, y un tratamiento con sustancias básicas para neutralizar el pH del agua antes de la distribución.

Seguir evaluando las concentraciones de aluminio, cromo, hierro y lecturas de pH en los manantiales, a fin de implementar un sistema de coagulación-filtración para remover elementos metálicos presentes en el agua.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAA-VI-M (Autoridad Administrativa del Agua VI Marañón). 2014. Informe Técnico de la Subdirección de la Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos. Cajamarca. 15p.

ANA (Autoridad Nacional del Agua). 2011. Plan Estratégico Institucional 2011-1015: Oficina de Planeamiento y Presupuesto (En línea). Ed. rev. Lima Perú. Consultado 20 de jun. 2013. Formato pdf. Disponible en <http://www.ana.gob.pe>.

ANA (Autoridad Nacional del Agua). 2011. Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial (en línea). Ed. rev. Lima Perú. Consultado 12 de ago. 2011. Formato pdf. Disponible en http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=3669.

Auge, M.2004. Hidrogeología Ambiental (en línea). Consultado el 03 dic. 2016. Formato pdf. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15910/Documento_completo_ambos_tomos_.pdf?sequence=5.

Audesirk, T; Audesirk, G; Byers, BE. 2003. Biología 3: evolución y ecología. Trad. HJ Escalona; RL Escalona. 6 Ed. México. PE. 460 p.

Azqueta, D. 2007. Introducción a la economía ambiental. Trad. M Alvarado. 2 Ed. España. McGrawHill. 499p.

BASES, A. pH y Soluciones Amortiguadoras (en línea). Consultado 21 set. 2014. Formato pdf. Disponible en <http://www.bioquimica.dogsleep.net/Laboratorio/Plummer/Chp02.pdf>.

Cabrera, A; Beltrán, R; Pacheco, J; Frías, J; Ramírez, J. 1997. Calidad del agua subterránea en un campo experimental hortícola en el estado de Yucatan. (En

línea).México. Consultado 18 ago .2015. Formato pdf. Dsponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/saneab/mexicon/R-0093.pdf>

Cartolín, W. 2005. Química teoría y práctica. 3 ed. Perú. Publicado por Editorial san Marcos. 796p.

Casales, A. 1979. Hidrografía de la bahía de La Paz. Distribución vertical de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la bahía de La Paz, Baja California Sur, durante la primavera de 1976 (en línea). Vol XX. México. Consultado 14 oct. 2014. Disponible en http://calcofi.org/~calcofi/publications/calcofireports/v20/Vol_20_Villasenor-Casales.pdf.

CEM (Centro Español de Metrología). 2009. Organización Intergubernamental de la Convención del Metro. Sistema Internacional de Unidades (en línea). 2da Edición en Español. Consultado 10 set. 2014. Formato pdf. Disponible en <http://www.cem.es/sites/default/files/siu8edes.pdf>.

CEPES (Centro Peruano de Estudios Sociales).1997. Agua Potable para Poblaciones Rurales. Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento (en línea). 1ra. Edición en español. Consultado 04 de abr. 2015. Formato pdf. Disponible en: http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/agua_potable/agua_potable3.pdf.

Charles, D. 2001. Economía ambiental. Trad. J Aguirre. 2 ed. México. OUP. 459 p.

CIES (Consortio de investigación económica y social). 2005. Construyendo ciudadanía: El derecho humano al agua. L. Andrade y R. Moscoso Novac. Lima, PE. 260 p.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2012. Atlas del Agua en México 2012 (en línea). 1ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ed. rev. Consultado 18 de jun. 2013. Formato pdf. Disponible en www.conagua.gob.mx.

CRP (Congreso de la República del Perú). 2009. Ley de Recursos Hídricos: Autoridad Nacional del Agua (en línea). Consultados 03 de oct, 2012. Formato pdf. Disponible en <http://www.ana.gob.pe>.

CTM (Comisión Técnica Multisectorial). 2009. Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú (En línea). Ed. rev. Lima Perú. Consultado 17 de jun. 2013. Formato pdf. Disponible <http://www.calameo.com/read/001271945b4bf38212bbb>.

Dávila, J. 1995. Diccionario Geológico. 2 ed. Perú. Editorial San Marcos. 627p.

Whitten, KW; Davis, RE; Peck, L. 1998. Química General. Trad. E Gayoso; JM Vila. 5 ed. España. McGrawHill. 1120p.

DCPRH (Dirección de conservación y planeamiento de los recursos Hídricos). 2012. Delimitación y Codificación de las Unidades Hidrográficas del Perú. Aplicando el método PFAFSTETTER (En línea). Ed. rev. Lima Perú. Consultado el 08 ago. 2012. Disponible en <http://www.calameo.com/read/0012719453af0e6eba3d7>.

DCPRH (Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos). 2011. Codificación y Clasificación de Cursos de Agua Superficiales del Perú (en línea). Ed. rev. Perú. Consultado 08 ago. 2012. Disponible en <http://www.calameo.com/read/0012719459622686f1fda>.

Doglas el at. 2001. Trad. R Meléndez; H Zugazagoitia. Química analítica. 7 ed. México. McGrawHill. 800p.

Doménech, X; Perales, J. 2006. Química Ambiental de Sistemas Terrestres (en línea). Barcelona. Consultado 05 oct. 2014. Disponible en <http://books.google.es/books?id=S4bjFOEXRzMC&pg=PA190&dq=demanda+qu%C3%ADmica+de+oxigeno&hl=es&sa=X&ei=P1sbVIOcAoHksAT-n4HYBw&ved=0CCMQ6AEwAg>.

Fernández, A; Volpedo, AV.comps. 2011. Calidad del agua. Una Visión Multidisciplinaria de la Gestión del Agua en el Mercosur (en línea). Argentina. Consultado 01 nov. 2014. Formato pdf. Disponible en <http://grupomontevideo.org/ndca/caaguas/wp-content/uploads/2014/07/Gesti%C3%B3n-del-Agua-en-el-Mercosur-emgia-2012.pdf#page=32>.

González, JC; Cabrera, A; Alaya, JM. 2006. Flujo, calidad de agua y uso potencial de los manantiales de la microcuenca Atécuaro, Morelia, Michoacán, México. (En línea).México. Consultado 18 ago.2015. Formato pdf. Disponible en <http://biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/view/3/2>.

HANNA. 2014. Hanna instruments. Retrieved from instrumentos de control y medición (en línea). Chile. Consultado 21 sep. 2014. disponible en. http://www.hannachile.com/cic/descargas/cat_view/5-hojas-de-seguridad.

Holguin, H; Rubio, ME, Olave, R; Saucedo, R; Gutiérrez, M; Bautista, R. 2006. Calidad del Agua del Río Conchos en la Región de Ojinaga, Chihuahua. Parámetros Físicoquímicos, Metales y Metaloides (en línea). México. Consultado 03 ago. 2014. Formato pdf. Disponible en http://wwwle.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/uciencia/junio2006/4calidad_rio_conchos.pdf.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 1985. Redacción de referencias bibliográficas; normas oficiales del IICA (en línea). 4 ed. rev. San José, CR, consultado 28 de agos. 2013. Formato pdf. Disponible en http://biblioteca.catie.ac.cr/Descargas/Normas_de_redaccion.pdf.

Illaseñor, A.1979. Distribución Vertical de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, Durante la primavera de 1976. (en línea).México. Consultado 22 mar 2015. Formato pdf. Disponible en: http://calcofi.org/~calcofi/publications/calcofireports/v20/Vol_20_Villasenor-Casales.pdf.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú).2007. Compendio estadístico departamental 2009 - Cajamarca (en línea). Consultado 25 de dic. 2016. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0834/libro.pdf.

JASS (Junta Administrativa de Servicio y Saneamiento del caserío de Pomabamba). 2014. Relación de usuarios de agua. Consultado el 14 dic. 2014.

Martin, T; Brockhoff, C; Creed, J; & EMW Group.1994. Method 200.7: Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Environmental monitoring systems laboratory. US environmental protection agency (en línea). Consultado 16 nov. 2014. Formato pdf. Disponible en http://edge.pondev.com/wp-content/uploads/Inorganic_200.7.pdf.

Mihelcic, J; Zimmerman. Julie.2011.Ingeniería Ambiental. Fundamentos Sustentables y Diseño.1 ed. México.Alfaomega.685p.

MINAG (Ministerio de Agricultura y Riego). 2013. Modificación del reglamento de organizaciones de usuarios de agua. Aprobado por Decreto Supremo N° 003-2013-AG (en línea). Ed. rev. Perú. Consultado 25 de mar. 2013. Disponible en <http://www.minag.gob.pe>.

MINAG (Ministerio de Agricultura y Riego).1996. Estrategia Nacional para la Conservación de Humedales en el Perú (en línea). Ed. rev. Lima Perú. Consultado 08 de jul, 2013. Formato pdf. Disponible en <http://www.minag.gob.pe>.

MINAM (Ministerio del Ambiente). 2008. Estándares de Calidad Ambiental para Agua. (En línea) Ed. rev. Perú. Consultado 07 de ene, 2009. Formato pdf. Disponible en <http://www.minam.gob.pe>.

MINAM (Ministerio del Ambiente). 2009. Disposiciones para la implementación de los estándares nacionales de calidad ambiental, (en línea). Ed. rev. Perú. Consultado 18 set. 2012. Formato pdf. Disponible en <http://www.minam.gob.pe>.

MINAM (Ministerio del Ambiente). 2009. Política Nacional del Ambiente (en línea). Ed. rev. Perú. Consultado 03 jul. 2013. Formato pdf. Disponible en http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_docman&Itemid=65.

MINSA (Ministerio de Salud). 2010. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (en línea). ed. rev. Perú. Consultado 08 jun. 2013. Disponible en <http://www.minsa.gob.pe/webftp.asp?ruta=normaslegales/2010/DS031-2010-SA.pdf>.

NKAP, S. 2014. Laboratorios especializados en análisis de agua, suelo y aire. Informes de ensayo N° C-447-I213-HOR Y C-163-D214-HOR. Perú.

NM (Norma Mexicana NMX-AA-051-SCFI-2001). 2001. Análisis de agua. Determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas, método de prueba (en línea). México. Centro virtual de información del agua. Consultado 17 set. 2014. Disponible en <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/marco-juridico-del-gua/1466-normas-mexicanas/15242-nmx-aa-051-scfi-2001-analisis-de-agua-determinación-de-metales-por-absorcion-atmica-en-aguas-naturales-potables-residuales-y-residuales-tratadas-meto>.

NTC (Norma Técnica Colombiana NTC-ISO5667-1). 1995. Gestión ambiental-calidad del agua muestreo. Directrices para el diseño del programa de muestreo (en línea). Colombia. Consultado 03 nov. 2014. Disponible en http://ingenieria.udea.edu.co/isa/normas_decretos/norma%20muestreo.pdf.

OMS (Organismo Mundial de la Salud). 2003. Guías de la OMS para la calidad de agua potable. Ginebra - Suiza. Consultado 12 set. 2014. Formatos pdf. Disponible en http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/es/.

OMS (Organismo Mundial de la Salud). 2006. Guía para la calidad del agua potable. Aspectos microbiológicos (en línea). Ginebra. 3 ed. Vol 1. Consultado 01 ago. 2014.

Disponible en http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_7_fig.pdf?ua=1.

OPS (Organismo Panamericano de la Salud). 2014. Muestreo y preservación de muestras (en línea). Consultado 10 set. 2014. Formato pdf. Disponible en <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/008378/008378-02.pdf>.

Ortiz y Nieto. 2003. La Biblia de la Física y la Química. 1 ed. España. Grafos S-Barcelona. 991p.

PSCPH (Puesto de Salud del Centro Poblado La Huaraclla).2014. Censo del 2007 al 2012. Consultado el 03 dic. 2014.

Rivera, H. 2004. Geología General. 2 ed. Perú. Editorial San Marcos. 495p.

Rodríguez, M; Sanz, M; Díaz, C. 2003. Niveles de Selenio en Aguas Potables de Canarias (en línea).Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Consultado 12 ago. 2014. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/724/72420406.pdf>.

Romero, JA, 2009. Calidad de agua. 3 ed. Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 485p.

Ronald el at. 2005. Mecánica de fluidos. 3 ed. México. McGrawHill.418p.

Sánchez, O; Herzig, M; Peters, E; Marquez, R; Zambrano, L. 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México (en línea). México. Consultado 06 set. 2014. Disponible en <http://books.google.es/books?id=uWlrkIx-oC&pg=PA124&dq=demanda+qu%C3%ADmica+de+oxigeno&hl=es&sa=X&ei=P1sbVIOcAoHksAT-YBw&ved=0CBsQ6AEwAA.#v=onepage&q=demanda20qu%C3%ADmica%20de%20oxígeno=false>.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología del Perú). 2014. Estación Ronquillo, Tipo Automática, Meteorológica 2. Perú. (En línea). Consultado 17 oct

2014. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_dat_esta_tipo.php?estaciones=47216128.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología del Perú). 2014. Estacion UNC Cajamarca tipo Automática Meteorológica. Perú. (en línea). Consultado 17 oct 2014. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_dat_esta_tipo.php?estaciones=472645F0.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología del Perú). 2014. Estación San Juan Tipo Convencional Meteorológica. Perú. (en línea). Consultado 17 oct 2014. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/dat_esta_tipo.php?estaciones=000369.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología del Perú). 2014. Estación Jesús Tipo Convencional Meteorológica. Perú. (en línea). Consultado 17 oct 2014. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000391.

Streeter et al. 1999. Mecánica de Fluidos Trad. G Juan; V Saldarriega. 9 ed. Colombia. McGrawHill. 724p.

UNC (Universidad Nacional de Cajamarca. 2014. Monitoreo de calidad de agua de los ríos Michiquillay, Challhuamayo, la Encañada y efluente de boca mina de la Comunidad Campesina Michiquillay - distrito Encañada. Consultado 03 mar. 2014. Oficina general de investigación-UNC. Disponible en <http://investigacion.unc.edu.pe/investigación/#>.

ZEE (Zonificación Económica y Ecológica-Cajamarca). 2011. Elementos del patrimonio vivo del departamento de Cajamarca. Proceso ZEE – OT (en línea). Perú. Consultado 15 dic. 2014. Formato pdf. Disponible en <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/ElementosPatrimonioVivo.pdf>.

ANEXOS

7.1. Anexo 1. Registro de la precipitación pluvial

Con el objeto evaluar la calidad de agua de los manantiales de estudio, se sistematizó la información de las precipitaciones registradas en las estaciones meteorológicas, desde el año 2009 a abril de 2014.

Tabla 6. Registro de las precipitaciones por Estaciones Meteorológicas

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Ronquillo - 47216128, Automática - Sutron	210,80	78,60	80,40	102,60	36,30	22,50	12,60	5,70	7,80	115,10	114,60	92,70	2009
	60,00	110,40	159,60	51,60	51,60	30,90	3,90	0,30	19,50	51,30	51,00	11,40	2010
	5,40	12,60	8,70	5,40	3,00	0,00	2,70	0,00	1,20	1,20	1,20	1,80	2011
	0,60	0,90	3,60	2,70	0,90	0,00	0,00	8,10	14,10	117,60	31,80	92,40	2012
	126,90	35,10	42,30	29,70	19,50	6,00	4,80	10,20	1,80	78,90	18,60	46,80	2013
	71,70	53,30	145,10	14,40									2014
UNC Cajamarca - 472645f0, Automática - Sutron	**	**	**	**	**	**	**	13,00	11,10	77,80	119,70	74,60	2009
	49,60	117,20	150,50	86,70	37,70	10,90	2,90	1,20	27,20	44,70	50,60	70,60	2010
	87,10	73,40	123,70	120,10	120,10	0,20	8,30	0,00	44,80	30,30	23,00	108,80	2011
	167,70	139,60	114,10	71,00	47,20	0,60	0,00	3,70	0,00	64,40	115,70	0,00	2012
	0,00	64,40	41,40	0,00	106,40	7,70	5,70	9,10	59,60	102,30	11,40	54,50	2013
	71,60	55,30	144,80	76,60									2014
San Juan - 000369, Convencional	319,60	65,10	414,80	111,60	**	**	**	**	**	**	**	**	2009
	81,10	172,40	220,90	101,60	44,70	9,60	5,20	0,00	16,10	31,40	64,30	65,40	2010
	132,80	120,30	205,00	207,90	8,30	5,50	8,20	0,00	21,00	13,70	36,70	169,00	2011
	296,30	247,80	161,60	93,40	63,30	3,20	0,00	2,20	3,80	143,00	127,90	84,30	2012

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
	95,00	254,00	383,80	82,90	62,90	4,70	4,20	10,00	0,70	94,90	4,30	92,70	2013
	108,00	162,50	219,20	54,00									2014
Jesús - 000391, Convencional	195,10	108,80	139,90	100,40	41,30	18,60	15,00	13,90	7,90	85,80	72,90	98,10	2009
	70,90	111,20	90,00	57,00	41,00	40,80	0,00	2,00	2,10	10,00	21,00	0,30	2010
	80,30	61,70	125,50	110,20	6,00	0,00	4,30	1,70	33,30	34,20	43,30	140,30	2011
	152,70	127,60	68,00	60,60	41,30	13,10	0,00	2,70	8,80	130,10	61,70	66,20	2012
	106,30	124,20	208,40	47,60	58,40	0,40	0,00	10,90	2,40	91,80	7,90	79,20	2013
	78,90	63,50	124,20	64,00									2014

Fuente: (SENAMHI, 2009-2014) Oficina de Estadística 2014

** No se registró precipitación en los meses del año

Tabla 7. Precipitación media mensual y total anual – EM. Ronquillo

Ronquillo - 47216128, Automática - Sutron							
Año	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	Media Mensual
ENE	mm	210,80	60,00	5,40	0,60	126,90	80,74
FEB	mm	78,60	110,40	12,60	0,90	35,10	47,52
MAR	mm	80,40	159,60	8,70	3,60	42,30	58,92
ABR	mm	102,60	51,60	5,40	2,70	29,70	38,40
MAY	mm	36,30	51,60	3,00	0,90	19,50	22,26
JUN	mm	22,50	30,90	0,00	0,00	6,00	11,88
JUL	mm	12,60	3,90	2,70	0,00	4,80	4,80
AGO	mm	5,70	0,30	0,00	8,10	10,20	4,86
SEP	mm	7,80	19,50	1,20	14,10	1,80	8,88
OCT	mm	115,10	51,30	1,20	117,60	78,90	72,82
NOV	mm	114,60	51,00	1,20	31,80	18,60	43,44
DIC	mm	92,70	11,40	1,80	92,40	46,80	49,02
Total anual	mm	879,70	601,50	43,20	272,70	420,60	443,54

Fuente: Sistematización de las precipitaciones registradas en la Estaciones Meteorológicas

Tabla 8. Precipitación media mensual y total anual - EM. UNC- Cajamarca

UNC Cajamarca - 472645f0, Automática - Sutron							
Año	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	Media mensual
ENE	mm	**	49,60	87,10	167,70	0,00	76,10
FEB	mm	**	117,20	73,40	139,60	64,40	98,65
MAR	mm	**	150,50	123,70	114,10	41,40	107,43
ABR	mm	**	86,70	120,10	71,00	0,00	69,45
MAY	mm	**	37,70	120,10	47,20	106,40	77,85
JUN	mm	**	10,90	0,20	0,60	7,70	4,85
JUL	mm	**	2,90	8,30	0,00	5,70	4,23
AGO	mm	13,00	1,20	0,00	3,70	9,10	5,40
SEP	mm	11,10	27,20	44,80	0,00	59,60	28,54
OCT	mm	77,80	44,70	30,30	64,40	102,30	63,90
NOV	mm	119,70	50,60	23,00	115,70	11,40	64,08
DIC	mm	74,60	70,60	108,80	0,00	54,50	61,70
Total anual	mm	296,20	649,80	739,80	724,00	462,50	574,46

Fuente: Sistematización de las precipitaciones registradas en la Estaciones Meteorológicas

** No se registró precipitación en los meses del año

Tabla 9. Precipitación media mensual y total anual – EM. San Juan

San Juan - 000369, Convencional							
Año	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	Media mensual
ENE	mm	319,60	81,10	132,80	296,30	95,00	184,96
FEB	mm	65,10	172,40	120,30	247,80	254,00	171,92
MAR	mm	414,80	220,90	205,00	161,60	383,80	277,22
ABR	mm	111,60	101,60	207,90	93,40	82,90	119,48
MAY	mm	**	44,70	8,30	63,30	62,90	44,80

San Juan - 000369, Convencional							
Año	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	Media mensual
JUN	mm	**	9,60	5,50	3,20	4,70	5,75
JUL	mm	**	5,20	8,20	0,00	4,20	4,40
AGO	mm	**	0,00	0,00	2,20	10,00	3,05
SEP	mm	**	16,10	21,00	3,80	0,70	10,40
OCT	mm	**	31,40	13,70	143,00	94,90	70,75
NOV	mm	**	64,30	36,70	127,90	4,30	58,30
DIC	mm	**	65,40	169,00	84,30	92,70	102,85
Total anual	mm	911,10	812,70	928,40	1226,80	1090,10	993,82

Fuente: Sistematización de las precipitaciones registradas en la Estaciones Meteorológicas

** No se registró precipitación en los meses del año

Tabla 10. Precipitación media mensual y total anual – EM. Jesús

Jesús - 000391, Convencional							
Año	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	Media mensual
ENE	mm	195,10	70,90	80,30	152,70	106,30	121,06
FEB	mm	108,80	111,20	61,70	127,60	124,20	106,70
MAR	mm	139,90	90,00	125,50	68,00	208,40	126,36
ABR	mm	100,40	57,00	110,20	60,60	47,60	75,16
MAY	mm	41,30	41,00	6,00	41,30	58,40	37,60
JUN	mm	18,60	40,80	0,00	13,10	0,40	14,58
JUL	mm	15,00	0,00	4,30	0,00	0,00	3,86
AGO	mm	13,90	2,00	1,70	2,70	10,90	6,24
SEP	mm	7,90	2,10	33,30	8,80	2,40	10,90
OCT	mm	85,80	10,00	34,20	130,10	91,80	70,38
NOV	mm	72,90	21,00	43,30	61,70	7,90	41,36
DIC	mm	98,10	0,30	140,30	66,20	79,20	76,82
Total anual	mm	897,70	446,30	640,80	732,80	737,50	691,02

Fuente: Sistematización de las precipitaciones registradas en la Estaciones Meteorológicas

Tabla 11. Precipitación total anual por Estación Meteorológica

Estaciones meteorológicas	Precipitación total anual por estación meteorológica				
	2009	2010	2011	2012	2013
Ronquillo	879,70	601,50	43,20	272,70	420,60
UNC Cajamarca	296,20	649,80	739,80	724,00	462,50
San Juan	911,10	812,70	928,40	1226,80	1090,10
Jesús	897,70	446,30	640,80	732,80	737,50

Fuente: Sistematización de las precipitaciones registradas en la Estaciones Meteorológicas

Tabla 12. Precipitación media mensual por Estación Meteorológica

Precipitación media mensual por estación meteorológica				
Mes	Ronquillo	UNC Cajamarca	San Juan	Jesús
ENE	80,74	76,10	184,96	121,06
FEB	47,52	98,65	171,92	106,70
MAR	58,92	107,43	277,22	126,36
ABR	38,40	69,45	119,48	75,16
MAY	22,26	77,85	44,80	37,60
JUN	11,88	4,85	5,75	14,58
JUL	4,80	4,23	4,40	3,86
AGO	4,86	5,40	3,05	6,24
SEP	8,88	28,54	10,40	10,90
OCT	72,82	63,90	70,75	70,38
NOV	43,44	64,08	58,30	41,36
DIC	49,02	61,70	102,85	76,82
Total anual	443,54	662,17	1053,88	691,02

Fuente: Sistematización de las precipitaciones registradas en la Estaciones Meteorológicas

Tabla 13. Precipitación de Junio de 2010 a Abril de 2011

Estación meteorológica	2010							2011				Precipitación por EM
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
Ronquillo	30,90	3,90	0,30	19,50	51,30	51,00	11,40	5,40	12,60	8,70	5,40	200,40
UNC Cajamarca	10,90	2,90	1,20	27,20	44,70	50,60	70,60	87,10	73,40	123,70	120,10	612,40
San Juan	9,60	5,20	0,00	16,10	31,40	64,30	65,40	132,80	120,30	205,00	207,90	858,00
Jesús	40,80	0,00	2,00	2,10	10,00	21,00	0,30	80,30	61,70	125,50	110,20	453,90
Precipitación media mensual	23,05	3,00	0,88	16,23	34,35	46,73	36,93	76,40	67,00	115,73	110,90	531,18

Fuente: Sistematización de las precipitaciones registradas en la Estaciones Meteorológicas

Tabla 14. Precipitación de Junio de 2011 a Abril de 2012

Estación meteorológica	2011							2012				Precipitación por EM
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
Ronquillo	0,00	2,70	0,00	1,20	1,20	1,20	1,80	0,60	0,90	3,60	2,70	15,90
UNC Cajamarca	0,20	8,30	0,00	44,80	30,30	23,00	108,80	167,70	139,60	114,10	71,00	707,80
San Juan	5,50	8,20	0,00	21,00	13,70	36,70	169,00	296,30	247,80	161,60	93,40	1053,20
Jesús	0,00	4,30	1,70	33,30	34,20	43,30	140,30	152,70	127,60	68,00	60,60	666,00
Precipitación media mensual	1,43	5,88	0,43	25,08	19,85	26,05	104,98	154,33	128,98	86,83	56,93	610,73

Fuente: Sistematización de las precipitaciones registradas en la Estaciones Meteorológicas

Tabla 15. Precipitación de Junio de 2012 a Abril de 2013

Estación meteorológica	2012							2013				Precipitación por EM
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
Ronquillo	0,00	0,00	8,10	14,10	117,60	31,80	92,40	126,90	35,10	42,30	29,70	498,00

Estación meteorológica	2012							2013				Precipitación por EM
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
UNC Cajamarca	0,60	0,00	3,70	0,00	64,40	115,70	0,00	0,00	64,40	41,40	0,00	290,20
San Juan	3,20	0,00	2,20	3,80	143,00	127,90	84,30	95,00	254,00	383,80	82,90	1180,10
Jesús	13,10	0,00	2,70	8,80	130,10	61,70	66,20	106,30	124,20	208,40	47,60	769,10
Precipitación media mensual	4,23	0,00	4,18	6,68	113,78	84,28	60,73	82,05	119,43	168,98	40,05	684,35

Fuente: Sistematización de las precipitaciones registradas en la Estaciones Meteorológicas

Tabla 16. Precipitación de Junio de 2013 a Abril de 2014

Estación meteorológica	2013							2014				Precipitación por EM
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
Ronquillo	6,00	4,80	10,20	1,80	78,90	18,60	46,80	71,70	53,30	145,10	14,40	451,60
UNC Cajamarca	7,70	5,70	9,10	59,60	102,30	11,40	54,50	71,60	55,30	144,80	76,60	598,60
San Juan	4,70	4,20	10,00	0,70	94,90	4,30	92,70	108,00	162,50	219,20	54,00	755,20
Jesús	0,40	0,00	10,90	2,40	91,80	7,90	79,20	78,90	63,50	124,20	64,00	523,20
Precipitación media mensual	4,70	3,68	10,05	16,13	91,98	10,55	68,30	82,55	83,65	158,33	52,25	582,15

Fuente: Sistematización de las precipitaciones registradas en la Estaciones Meteorológicas

7.2. Anexo 2. Registro de la temperatura ambiental

Con el objeto evaluar la calidad de agua de los manantiales de estudio, se procesó la información de la temperatura ambiental registrada en las estaciones meteorológicas, desde el año 2009 a abril de 2014.

Tabla 17. Temperatura máxima y mínima media mensual – EM. Ronquillo

Temperatura máxima y mínima media mensual: EM- Ronquillo - 47216128, Automática - Sutron														
Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Máxima mensual	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Mínima mensual
ENE	15,93	16,88	15,96	16,14	16,83	18,53	18,53	7,54	8,53	6,71	7,33	8,42	11,09	6,71
FEB	14,89	17,18	15,3	15,87	17,00	17,67	17,67	7,54	8,76	7,40	6,90	8,33	10,88	6,90
MAR	15,73	17,33	15,19	16,28	16,23	17,43	17,43	7,78	8,76	7,54	7,75	8,19	10,96	7,54
ABR	15,94	17,8	15,77	16,15	16,49	16,46	17,80	7,71	8,76	7,41	7,27	8,61	7,91	7,27
MAY	16,79	17,34	16,67	16,24	17,25		17,34	7,41	8,05	7,52	7,46	8,00		7,41
JUN	17,44	16,9	18,44	17,21	16,55		18,44	6,80	7,30	6,98	6,47	7,15		6,47
JUL	17,09	18,2	16,74	16,83	15,01		18,20	6,65	6,65	6,15	6,26	6,26		6,15
AGO	18,00	18,41	18,21	17,49	17,51		18,41	7,14	6,64	6,59	6,4	6,75		6,40
SEP	18,11	17,64	16,45	17,43	18,83		18,83	7,29	7,17	6,89	6,78	8,48		6,78
OCT	17,89	17,50	16,5	16,97	17,03		17,89	7,55	6,90	6,47	7,52	7,58		6,47
NOV	16,90	17,40	17,45	16,02	18,20		18,20	7,50	6,80	7,48	7,34	8,20		6,80
DIC	16,22	16,69	15,82	17,02	16,95		17,02	8,07	7,11	7,55	7,57	7,64		7,11
Máxima anual	18,11	18,41	18,44	17,49	18,83	18,53	18,83	6,65	6,64	6,15	6,26	6,26	7,91	6,15

Fuente: (SENAMHI 2009-2014) EM-Ronquillo - 47216128, Automática – Sutron

Tabla 18. Temperatura máxima y mínima media mensual – EM. UNC Cajamarca

Temperatura máxima y mínima media mensual UNC Cajamarca - 472645f0, Automática - Sutron														
Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Máxima mensual	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Mínima mensual
ENE	**	17,38	17,84	17,25	18,92	17,88	18,92	**	10,93	10,51	10,61	9,90	9,49	9,49
FEB	**	17,54	16,79	18,13	19,70	18,00	19,7	**	11,40	10,28	10,25	9,75	10,18	9,75
MAR	**	18,90	16,51	19,28	18,07	16,97	19,28	**	11,28	10,41	9,56	10,76	10,20	9,56

Temperatura máxima y mínima media mensual UNC Cajamarca - 472645f0, Automática - Sutron														
Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Máxima mensual	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Mínima mensual
ABR	**	19,15	16,88	18,81	17,75	17,46	19,15	**	10,61	9,21	9,19	8,93	8,32	8,32
MAY	**	16,02	17,40	18,59	14,64		18,59	**	10,80	10,27	8,59	9,34		8,59
JUN	**	20,05	17,00	16,44	16,59		20,05	**	7,75	6,55	5,40	6,48		5,4
JUL	**	17,20	16,57	16,90	16,62		17,2	**	6,09	6,33	5,38	5,66		5,38
AGO	19,55	17,28	17,39	17,22	17,24		19,55	14,70	5,77	6,32	5,88	6,52		5,77
SEP	19,94	20,01	17,53	17,6	18,10		20,01	8,47	8,97	8,75	6,98	6,47		6,47
OCT	18,72	15,02	18,64	16,66	17,59		18,72	10,03	9,34	10,90	10,13	9,60		9,34
NOV	17,88	17,51	17,25	17,65	17,92		17,92	11,19	9,82	9,95	10,66	7,52		7,52
DIC	20,03	18,15	17,73	17,58	17,76		20,03	11,22	9,91	10,29	9,01	9,11		9,01
Máxima anual	20,03	20,05	18,64	19,28	19,7	18,00	20,05	8,47	5,77	6,32	5,38	5,66	8,32	5,38

Fuente: (SENAMHI 2009-2014), EM- UNC Cajamarca - 472645f0, Automática

**No se registró la temperatura ambiental en los meses del año

Tabla 19. Temperatura máxima y mínima media mensual – EM. San Juan

Temperatura máxima y mínima media mensual San Juan - 000369, Convencional														
Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Máxima mensual	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Máxima mensual
ENE	19,14	22,00	19,78	17,99	20,68	20,73	22,00	12,37	12,96	11,94	12,63	12,95	12,80	11,94
FEB	18,69	22,21	19,66	19,05	19,99	21,21	22,21	12,40	13,44	11,64	12,08	12,47	12,76	11,64
MAR	19,68	20,9	20,31	21,94	20,26	19,91	21,94	12,68	12,86	11,54	12,85	13,24	12,87	11,54
ABR	20,45	21,38	19,73	20,23	21,62	22,55	22,55	12,61	13,29	12,38	12,39	12,83	12,87	12,38
MAY	**	22,51	22,89	22,26	20,46		22,89	**	12,66	11,70	12,33	12,24		11,70
JUN	**	23,53	22,98	24,28	23,95		24,28	**	12,01	12,01	11,93	12,25		11,93
JUL	**	21,2	23,90	26,02	25,13		26,02	**	11,30	11,79	12,60	11,85		11,30

Temperatura máxima y mínima media mensual San Juan - 000369, Convencional														
Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Máxima mensual	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Máxima mensual
AGO	**	24,87	25,77	26,56	25,63		26,56	**	11,84	12,27	12,67	12,17		11,84
SEP	**	24,05	32,62	27,89	26,49		32,62	**	11,75	12,46	12,64	12,24		11,75
OCT	**	23,45	22,61	22,63	22,38		23,45	**	11,64	11,14	12,54	12,68		11,14
NOV	**	21,66	22,77	21,14	22,96		22,96	**	11,04	12,05	12,67	11,67		11,04
DIC	**	20,9	20,09	21,45	21,74		21,74	**	11,57	12,23	12,16	12,20		11,57
Máxima anual	20,45	24,87	32,62	27,89	26,49	22,55	32,62	12,37	11,04	11,14	11,93	11,67	12,76	11,04

Fuente: (SENAMHI, EM-SAN JUAN 2009-2014), EM- San Juan - 000369, Convencional

**No se registró la temperatura ambiental en los meses del año

Tabla 20. Temperatura máxima y mínima media mensual – EM. Jesús

Temperatura Máxima y Mínima Media Mensual Jesús - 000391, Convencional														
Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Máxima mensual	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Máxima mensual
ENE	21,44	23,09	21,84	21,69	23,39	22,97	23,39	11,32	11,07	10,05	11,04	10,99	10,76	10,05
FEB	21,18	23,51	21,62	21,22	22,40	23,45	23,51	11,24	11,56	9,80	10,22	10,91	11,29	9,80
MAR	21,3	24,02	21,02	22,64	22,07	21,82	24,02	11,41	12,31	9,69	10,71	11,92	11,38	9,69
ABR	22,13	24,90	21,85	23,26	24,17	24,46	24,9	10,84	11,02	10,45	10,29	10,39	9,77	9,77
MAY	23,18	24,34	24,12	23,88	24,03		24,34	8,81	9,37	7,65	8,69	10,12		7,65
JUN	23,16	24,34	24,04	23,72	24,20		24,34	6,99	9,37	7,65	6,26	9,47		6,26
JUL	22,65	24,92	23,08	23,90	23,69		24,92	7,60	6,81	7,02	5,77	5,94		5,77
AGO	23,97	25,01	24,13	24,42	24,43		25,01	7,80	7,50	6,55	6,27	7,14		6,27
SEP	24,17	24,58	23,37	24,40	25,01		25,01	8,30	8,70	8,22	7,83	7,25		7,25
OCT	23,85	23,83	22,56	22,96	23,86		23,86	10,32	8,39	9,05	10,54	10,77		8,39
NOV	22,56	22,86	23,31	22,65	**		23,31	9,51	8,85	10,37	11,31	**		8,85

Temperatura Máxima y Mínima Media Mensual Jesús - 000391, Convencional														
Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Máxima mensual	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Máxima mensual
DIC	22,48	21,51	21,73	22,61	**		22,61	14,40	10,30	10,87	11,59	**		10,30
Máxima anual	24,17	25,01	24,13	24,42	25,01	24,46	25,01	6,99	6,81	6,55	5,77	5,94	9,77	5,77

Fuente: (SENAMHI 2009-2014), EM- Jesús - 000391, Convencional

**No se registró la temperatura ambiental en los meses del año

Tabla 21. Temperatura máxima y mínima anual registrada en las EM

Temperaturas máximas y mínimas media anual registradas en la estaciones meteorológicas												
Año	2009	2010	2011	2012	2013	Máxima anual	2009	2010	2011	2012	2013	Mínima anual
Ronquillo	18,10	18,40	18,40	17,50	18,80	18,83	6,65	6,64	6,15	6,26	6,26	6,15
UNC Cajamarca	20,00	20,10	18,60	19,30	19,70	20,05	8,47	5,77	6,32	5,38	5,66	5,38
San Juan	20,50	24,90	32,60	27,90	26,50	32,62	12,40	11,00	11,10	11,90	11,70	11,04
Jesús	24,20	25,00	24,10	24,40	25,00	25,01	6,99	6,81	6,55	5,77	5,94	5,77

Fuente: Sistematización de la temperatura ambiental registradas en las Estaciones

Tabla 22. Temperatura máxima y mínima media mensual registradas en las EM

Temperaturas máxima y mínima media mensual registrada en las estaciones meteorológica								
MES	Ronquillo		UNC Cajamarca		San Juan		Jesús	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
ENE	16,88	6,71	18,92	9,90	22,00	11,94	23,39	10,05
FEB	17,18	6,90	19,70	9,75	22,21	11,64	23,51	9,80
MAR	17,33	7,54	19,28	9,56	21,94	11,54	24,02	9,69
ABR	17,80	7,27	19,15	8,93	21,62	12,38	24,90	10,29
MAY	17,34	7,41	18,59	8,59	22,89	11,70	24,34	7,65
JUN	18,44	6,47	20,05	5,40	24,28	11,93	24,34	6,26
JUL	18,20	6,15	17,20	5,38	26,02	11,3	24,92	5,77
AGO	18,41	6,40	19,55	5,77	26,56	11,84	25,01	6,27
SEP	18,83	6,78	20,01	6,47	32,62	11,75	25,01	7,25
OCT	17,89	6,47	18,72	9,34	23,45	11,14	23,86	8,39
NOV	18,20	6,80	17,92	7,52	22,96	11,04	23,31	8,85
DIC	17,02	7,11	20,03	9,01	21,74	11,57	22,61	10,30
Máxima y mínima anual	18,83	6,15	20,05	5,38	32,62	11,04	25,01	5,77

Fuente: Sistematización de la temperatura ambiental registradas en la Estaciones Meteorológicas.

Tabla 23. Temperatura máxima media mensual de Junio 2012 a Abril 2013

Estaciones meteorológicas	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Máxima media por EM
Ronquillo	16,55	15,01	17,51	18,83	17,03	18,20	16,95	18,53	17,67	17,43	16,46	17,29
UNC Cajamarca	16,59	16,62	17,24	18,10	17,59	17,92	17,76	17,88	18,00	16,97	17,46	17,47
San Juan	23,95	25,13	25,63	26,49	22,38	22,96	21,74	20,73	21,21	19,91	22,55	22,97
Jesús	24,20	23,69	24,43	25,01	23,86	**	**	22,97	23,45	21,82	24,46	23,77
Máxima media mensual	20,32	20,11	21,20	22,11	20,21	19,69	18,82	20,03	20,08	19,03	20,23	20,37

Fuente: Sistematización de la temperatura ambiental registradas en la Estaciones Meteorológicas.

Tabla 24. Temperatura mínima media mensual de Junio 2012 a Abril 2013

Estaciones Meteorológicas	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Mínima media por EM
Ronquillo	7,15	6,26	6,75	8,48	7,58	8,20	7,64	11,09	10,88	10,96	7,91	8,44
UNC Cajamarca	6,48	5,66	6,52	6,47	9,60	7,52	9,11	9,49	10,18	10,20	8,32	8,14
San Juan	12,25	11,85	12,17	12,24	12,68	11,67	12,20	9,49	10,18	10,20	8,32	11,20

Estaciones Meteorológicas	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Mínima media por EM
Jesús	9,47	5,94	7,14	7,25	10,77	**	**	10,76	11,29	11,38	9,77	9,31
Mínima media mensual	8,84	7,43	8,14	8,61	10,16	9,13	9,65	10,21	10,63	10,68	8,58	9,27

Fuente: Sistematización de la temperatura ambiental registradas en la Estaciones Meteorológicas

**No se registró la temperatura ambiental en los meses del año

7.3. Anexo 3. Registro del caudal

En esta investigación se registró el caudal de los manantiales de estudio, como parámetro físico indispensable para la evaluación de la calidad de agua de los manantiales, el registro se realizó de manera mensual desde junio de 2013 a mayo de 2014, tal como se indica las fechas en los meses correspondientes, es preciso aclarar que en el mes de abril de 2014 se realizó dos mediciones.

Tabla 25. Caudal registrado de junio a julio de 2013

MANANTIALES		JUNIO 16/06/13						JULIO 14/07/13							
		T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM	T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM
COTOSACHA	TB1	13,70	13,40	13,60	13,567	1,00	0,074	0,109	13,69	13,60	13,70	13,663	1,00	0,073	0,110
	TB2	28,50	28,60	28,50	28,533	1,00	0,035		27,50	26,70	26,63	26,943	1,00	0,037	
ÑOÑORCO	TB1	23,10	23,20	23,10	23,133	1,00	0,043	0,051	24,98	25,12	25,68	25,260	1,00	0,040	0,045
	TB2	127,70	128,20	127,40	127,767	1,00	0,008		161,09	196,25	162,12	173,153	1,00	0,006	
LA MASMA	TB1	36,02	35,75	37,72	36,497	9,00	0,247	0,319	35,28	34,40	36,20	35,293	9,00	0,255	0,326
	TB2	30,25	31,10	31,25	30,867	1,00	0,032		30,87	31,60	31,73	31,400	1,00	0,032	
	TB3	43,56	43,12	43,56	43,413	1,00	0,023		43,88	43,66	43,99	43,843	1,00	0,023	
	TB4	60,18	60,45	60,98	60,537	1,00	0,017		61,12	61,60	62,08	61,600	1,00	0,016	
CHUPITICAGA	TB1	15,20	15,80	15,70	15,567	9,00	0,578	0,578	16,36	16,75	16,37	16,493	9,00	0,546	0,546
VERGARAY	TB1	19,16	19,15	19,14	19,150	9,00	0,470	0,559	19,24	18,98	18,78	19,000	9,00	0,474	0,552
	TB2	11,24	11,00	11,56	11,267	1,00	0,089		12,40	12,98	12,90	12,760	1,00	0,078	
		CAUDAL TOTAL						1,615	CAUDAL TOTAL						1,579

Fuente: Elaboración propia a partir del registro de caudal en campo.

Tabla 26. Caudal registrado de agosto a septiembre de 2013

MANANTIALES		AGOSTO 11/08/13						SEPTIEMBRE 29/10/13							
		T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM	T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM
COTOSACHA	TB1	13,68	11,80	11,80	12,427	1,00	0,080	0,121	13,35	13,33	13,52	13,400	1,00	0,075	0,110
	TB2	25,58	24,80	24,22	24,867	1,00	0,040		28,12	28,48	28,49	28,363	1,00	0,035	
ÑOÑORCO	TB1	26,80	26,80	27,00	26,867	1,00	0,037	0,042	59,74	59,68	60,67	60,030	1,00	0,017	0,020
	TB2	196,09	196,31	196,86	196,418	1,00	0,005		265,48	265,22	265,01	265,237	1,00	0,004	
LA MASMA	TB1	34,55	33,05	34,68	34,093	9,00	0,264	0,334	37,92	37,95	37,98	37,950	9,00	0,237	0,305
	TB2	31,49	32,10	32,22	31,937	1,00	0,031		31,51	32,22	32,10	31,943	1,00	0,031	
	TB3	44,20	44,21	44,43	44,280	1,00	0,023		44,25	44,22	44,46	44,310	1,00	0,023	
	TB4	61,80	62,22	63,45	62,490	1,00	0,016		71,82	72,02	73,47	72,437	1,00	0,014	
CHUPITICAGA	TB1	17,52	17,69	17,05	17,420	9,00	0,517	0,517	18,12	18,12	18,30	18,180	9,00	0,495	0,495
VERGARAY	TB1	20,40	19,98	20,45	20,277	9,00	0,444	0,519	20,54	20,66	20,61	20,603	9,00	0,437	0,510
	TB2	13,56	12,63	13,59	13,260	1,00	0,075		13,48	13,89	13,74	13,703	1,00	0,073	
		CAUDAL TOTAL						1,533	CAUDAL TOTAL						1,440

Fuente: Elaboración propia a partir del registro de caudal en campo.

Tabla 27. Caudal registrado de octubre a noviembre de 2013

MANANTIALES		OCTUBRE 13/10/13						NOVIEMBRE 10/11/13							
		T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM	T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM
COTOSACHA	TB1	14,48	14,44	14,52	14,480	1,00	0,069	0,101	15,61	15,56	15,52	15,563	1,00	0,064	0,093
	TB2	31,41	31,53	31,14	31,357	1,00	0,032		34,69	34,57	33,79	34,350	1,00	0,029	
ÑOÑORCO	TB1	87,35	88,51	86,48	87,447	1,00	0,011	0,016	100,99	117,34	110,23	109,520	1,00	0,009	0,017

MANANTIALES		OCTUBRE 13/10/13							NOVIEMBRE 10/11/13						
		T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM	T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM
	TB2	198,51	198,78	197,46	198,250	1,00	0,005		129,54	130,33	129,98	129,950	1,00	0,008	
LA MASMA	TB1	37,31	37,65	37,67	37,543	9,00	0,240	0,303	36,50	36,90	37,14	36,847	9,00	0,244	0,303
	TB2	35,46	34,76	34,38	34,867	1,00	0,029		39,32	39,30	39,97	39,530	1,00	0,025	
	TB3	43,98	43,67	43,64	43,763	1,00	0,023		43,55	43,12	42,27	42,980	1,00	0,023	
	TB4	86,36	86,68	87,41	86,815	1,00	0,012		100,88	98,78	101,34	100,333	1,00	0,010	
CHUPITICAGA	TB1	18,47	18,43	18,53	18,477	9,00	0,487	0,487	18,82	18,74	18,76	18,773	9,00	0,479	0,479
VERGARAY	TB1	22,43	22,68	23,05	22,720	9,00	0,396	0,491	24,33	24,73	24,15	24,403	9,00	0,369	0,508
	TB2	10,32	10,75	10,64	10,570	1,00	0,095		7,16	7,26	7,19	7,203	1,00	0,139	
		CAUDAL TOTAL						1,398	CAUDAL TOTAL						1,400

Fuente: Elaboración propia a partir del registro de caudal en campo.

Tabla 28. Caudal registrado de diciembre de 2013 a enero de 2014

MANANTIALES		DICIEMBRE 24/12/13							ENERO 12/01/14						
		T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM	T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM
COTOSACHA	TB1	17,90	18,38	17,95	18,077	1,00	0,055	0,078	17,00	16,66	17,09	16,917	1,00	0,059	0,081
	TB2	43,68	44,24	43,79	43,902	1,00	0,023		47,03	46,12	46,65	46,600	1,00	0,021	
ÑOÑORCO	TB1	213,25	213,98	213,56	213,597	1,00	0,005	0,005	263,49	354,24	268,90	295,543	1,00	0,003	0,003
	TB2	0,00	0,00	0,00	0,000	1,00	0,000		0,00	0,00	0,00	0,000	1,00	0,000	
LA MASMA	TB1	32,74	32,46	32,58	32,593	9,00	0,276	0,327	53,36	53,58	52,32	53,087	9,00	0,170	0,234
	TB2	45,60	45,94	46,45	45,997	1,00	0,022		28,09	27,37	28,17	27,877	1,00	0,036	
	TB3	49,89	49,99	49,49	49,790	1,00	0,020		47,36	48,56	48,47	48,130	1,00	0,021	

MANANTIALES		DICIEMBRE 24/12/13							ENERO 12/01/14								
		T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM	T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM		
	TB4	115,69	115,15	116,65	115,830	1,00	0,009		129,54	130,33	129,98	129,950	1,00	0,008			
CHUPITICAGA	TB1	20,43	20,41	20,42	20,420	9,00	0,441	0,441	23,51	22,67	23,00	23,060	9,00	0,390	0,390		
VERGARAY	TB1	23,26	23,25	23,45	23,320	9,00	0,386	0,386	21,10	22,06	21,98	21,713	9,00	0,414	0,419		
	TB2	0,00	0,00	0,00	0,000	1,00	0,000		207,01	207,10	206,98	207,030	1,00	0,005			
		CAUDAL TOTAL							1,236	CAUDAL TOTAL							1,127

Fuente: Elaboración propia a partir del registro de caudal en campo.

Tabla 29. Caudal registrado de febrero a marzo de 2014

MANANTIALES		FEBRERO 16/02/14							MARZO 30/03/14						
		T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM	T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM
COTOSACHA	TB1	16,21	16,75	16,36	16,440	1,00	0,061	0,084	15,59	15,46	15,83	15,627	1,00	0,064	0,090
	TB2	43,55	43,46	43,66	43,557	1,00	0,023		38,45	38,29	38,51	38,417	1,00	0,026	
ÑOÑORCO	TB1	31,97	32,16	31,81	31,980	1,00	0,031	0,054	10,52	10,52	10,64	10,560	1,00	0,095	0,170
	TB2	43,59	43,81	44,06	43,820	1,00	0,023		13,30	13,29	13,30	13,297	1,00	0,075	
LA MASMA	TB1	50,04	50,23	50,40	50,223	9,00	0,179	0,221	41,58	41,20	41,35	41,377	9,00	0,218	0,333
	TB2	31,99	32,51	32,71	32,403	1,00	0,031		18,03	18,04	18,18	18,083	1,00	0,055	
	TB3	152,72	147,91	154,44	151,690	1,00	0,007		23,25	23,30	23,12	23,223	1,00	0,043	
	TB4	249,85	243,99	249,31	247,717	1,00	0,004		59,11	59,15	59,69	59,317	1,00	0,017	
CHUPITICAGA	TB1	22,38	22,04	22,09	22,170	9,00	0,406	0,406	21,35	21,31	21,21	21,290	9,00	0,423	0,423
VERGARAY	TB1	20,41	20,50	20,01	20,307	9,00	0,443	0,448	21,25	21,18	21,22	21,217	9,00	0,424	0,429
	TB2	206,05	206,03	206,20	206,093	1,00	0,005		207,48	207,55	207,36	207,463	1,00	0,005	

MANANTIALES	FEBRERO 16/02/14							MARZO 30/03/14						
	T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM	T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM
	CAUDAL TOTAL						1,213	CAUDAL TOTAL						1,444

Fuente: Elaboración propia a partir del registro de caudal en campo.

Tabla 30. Caudal registrado en abril de 2014

MANANTIALES		ABRIL 06/04/14 - 1						ABRIL 27/04/14							
		T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM	T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM
COTOSACHA	TB1	19,73	19,68	19,59	19,667	1,00	0,051	0,073	19,62	19,96	19,46	19,680	1,00	0,051	0,072
	TB2	44,93	45,94	45,70	45,523	1,00	0,022		46,73	46,56	46,59	46,627	1,00	0,021	
ÑOÑORCO	TB1	16,36	16,21	16,82	16,463	1,00	0,061	0,100	26,49	27,01	26,25	26,583	1,00	0,038	0,063
	TB2	25,38	25,95	26,04	25,790	1,00	0,039		39,36	39,33	39,53	39,407	1,00	0,025	
LA MASMA	TB1	45,57	45,14	45,12	45,277	9,00	0,199	0,259	43,38	44,25	44,21	43,947	9,00	0,205	0,259
	TB2	37,05	37,06	37,24	37,117	1,00	0,027		35,40	35,39	35,12	35,303	1,00	0,028	
	TB3	40,04	40,76	40,60	40,467	1,00	0,025		59,41	59,28	59,38	59,357	1,00	0,017	
	TB4	119,11	120,65	118,98	119,580	1,00	0,008		117,14	115,09	113,17	115,133	1,00	0,009	
CHUPITICAGA	TB1	22,34	22,29	22,43	22,353	9,00	0,403	0,403	22,60	22,32	22,58	22,500	9,00	0,400	0,400
VERGARAY	TB1	20,26	20,26	20,55	20,357	9,00	0,442	0,447	20,00	20,26	20,55	20,270	9,00	0,444	0,449
	TB2	198,10	198,07	198,26	198,143	1,00	0,005		198,10	198,07	197,90	198,023	1,00	0,005	
		CAUDAL TOTAL						1,281	CAUDAL TOTAL						1,243

Fuente: Elaboración propia a partir del registro de caudal en campo.

Tabla 31. Caudal registrado en mayo de 2014

MANANTIALES		Mayo 25/05/2013							DESCRIPCIÓN
		T1	T2	T3	PT	V1	QTB	QTM	
COTOSACHA	TB1	22,80	22,62	22,31	22,577	1,00	0,044	0,060	T1 = Tiempo en segundos PT = Tiempo promedio en segundos QTB = Caudal total por tubería QTM = Caudal total por manantial V1 = Volumen en litros TB = Número de tubería en cada manantial
	TB2	63,27	63,55	63,26	63,360	1,00	0,016		
ÑOÑORCO	TB1	49,50	49,62	49,49	49,537	1,00	0,020	0,036	
	TB2	65,17	65,36	65,27	65,267	1,00	0,015		
LA MASMA	TB1	60,16	60,25	60,14	60,183	9,00	0,150	0,226	
	TB2	33,33	33,19	33,38	33,300	1,00	0,030		
	TB3	39,54	39,32	39,12	39,327	1,00	0,025		
	TB4	48,66	48,35	48,29	48,433	1,00	0,021		
CHUPITICAGA	TB1	24,74	24,12	24,32	24,393	9,00	0,369	0,369	
VERGARAY	TB1	20,26	20,26	20,55	20,357	9,00	0,442	0,447	
	TB2	198,10	198,07	198,26	198,143	1,00	0,005		
		CAUDAL TOTAL						1,137	

Fuente: Elaboración propia a partir del registro de caudal en campo.

En la Tabla 32, se representa el resultado de los caudales registrados durante el tiempo de la evaluación de la calidad de agua de los manantiales que abastecen a la población del caserío de Pomabamba, el caudal está en promedio de cada manantial y la oferta total de agua para la población.

Tabla 32. Caudal total registrado en los manantiales de estudio

Manantiales	Unidad	2013							2014					Q. Promedio	Q. MAX	Q. MIN	
		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR1	ABR2				MAY
Cotosacha	L.s ⁻¹	0,109	0,110	0,121	0,110	0,101	0,093	0,078	0,073	0,075	0,081	0,073	0,072	0,06	0,089	0,121	0,060
Ñoñorco	L.s ⁻¹	0,051	0,045	0,042	0,02	0,016	0,017	0,005	0,003	0,049	0,153	0,100	0,063	0,036	0,046	0,153	0,003
La Masma	L.s ⁻¹	0,319	0,326	0,334	0,305	0,303	0,303	0,327	0,227	0,217	0,321	0,259	0,259	0,226	0,286	0,334	0,217
Chupiticaga	L.s ⁻¹	0,578	0,546	0,517	0,495	0,487	0,479	0,441	0,390	0,406	0,423	0,403	0,400	0,369	0,456	0,578	0,369
Vergaray	L.s ⁻¹	0,559	0,552	0,519	0,510	0,491	0,508	0,386	0,419	0,448	0,429	0,447	0,449	0,447	0,474	0,559	0,386
Caudal total	L.s ⁻¹	1,615	1,579	1,533	1,440	1,398	1,400	1,236	1,113	1,194	1,407	1,281	1,243	1,137	1,352	1,615	1,113

Fuente: Elaboración propia a partir del registro de caudal en campo.

En la Tabla 33, se presenta el caudal que ofertan los manantiales de este estudio y, la demanda de agua de la población actual del caserío de Pomabamba. Asimismo, se ha proyectado la demanda de agua, para una población futura, a fin de buscar nuevas fuentes de agua para satisfacer las necesidades de la población del caserío de Pomabamba.

Fuente: Uso de la información generada en este estudio y aplicación de las fórmulas de Roger Agüero, 1997

Tabla 33. Oferta y demanda de agua en el caserío Pomabamba

DEMANDA DE AGUA				OFERTA DE AGUA	
AÑOS	HABITANTES	DOTACION L/HAB/DIA	DEMANDA m ³ .día ⁻¹	OFERTA MÍNIMA m ³ .día ⁻¹	
1	2014	895	50	44,75	96,163
2	2015	902	50	45,11	96,163
3	2016	917	50	45,83	96,163
4	2017	939	50	46,94	96,163
5	2018	969	50	48,46	96,163
6	2019	1009	50	50,43	96,163
7	2020	1058	50	52,90	96,163
8	2021	1119	50	55,94	96,163
9	2022	1192	50	59,62	96,163
10	2023	1281	50	64,05	96,163
11	2024	1387	50	69,36	96,163
12	2025	1514	50	75,72	96,163
13	2026	1666	50	83,31	96,163
14	2027	1848	50	92,41	96,163
15	2028	2066	50	103,31	96,163
16	2029	2329	50	116,43	96,163
17	2030	2645	50	132,26	96,163

Fuente: Elaboración propia a partir del caudal mínimo y de la aplicación de las fórmulas de Roger Agüero 1997.

Asimismo es importante aclarar que esta proyección de la demanda Vs la oferta, puede verse afectada con las precipitaciones pluviales o nuevas fuentes de agua que abastezcan al sistema de consumo.

7.4. Anexo 4. Registro de los parámetros de campo

Tabla 34. Registro de los parámetros realizados en junio, julio y agosto de 2013

Manantial	JUNIO 16/06/13					JULIO 14/07/13					AGOSTO 11/08/13				
	Caudal L.s ⁻¹	T °C	pH	Conductividad μS.cm ⁻¹	Oxígeno Disuelto mg.L ⁻¹	Caudal L.s ⁻¹	T °C	pH	Conductividad μS.cm ⁻¹	Oxígeno Disuelto mg.L ⁻¹	Caudal L.s ⁻¹	T °C	pH	Conductividad μS.cm ⁻¹	Oxígeno Disuelto mg.L ⁻¹
Cotosacha	0,109	17,70	5,53	41,00	4,52	0,110	17,60	6,42	41,50	3,85	0,121	17,60	6,36	42,00	4,10
Ñoñorco	0,051	17,90	5,53	22,00	3,72	0,045	17,50	5,48	21,00	3,18	0,042	16,30	5,39	20,00	3,19
La Masma	0,319	18,19	6,00	30,00	3,56	0,326	18,10	5,92	30,50	2,95	0,334	17,80	5,80	31,00	3,00
Chupiticaga	0,578	17,90	5,47	32,00	5,75	0,546	17,12	5,33	32,50	3,27	0,517	16,80	5,33	33,00	3,29
Vergaray	0,559	18,60	6,68	30,00	3,78	0,552	18,70	6,67	31,50	3,01	0,519	18,80	6,47	33,00	3,00

Fuente: Elaboración propia a partir de la lectura de los parámetros registrados en los manantiales

Tabla 35. Parámetros registrados en setiembre, octubre y noviembre de 2013

Manantial	SETIEMBRE 29/10/13					OCTUBRE 13/10/13					NOVIEMBRE 10/11/13				
	Caudal L.s ⁻¹	T °C	pH	Conductividad μS.cm ⁻¹	Oxígeno Disuelto mg.L ⁻¹	Caudal L.s ⁻¹	T °C	pH	Conductividad μS.cm ⁻¹	Oxígeno Disuelto mg.L ⁻¹	Caudal L.s ⁻¹	T °C	pH	Conductividad μS.cm ⁻¹	Oxígeno Disuelto mg.L ⁻¹
Cotosacha	0,110	16,80	6,27	36,59	3,59	0,101	17,60	6,23	38,58	3,78	0,093	17,60	6,08	40,04	3,81
Ñoñorco	0,020	17,90	5,49	16,56	3,17	0,016	16,10	5,39	19,01	3,54	0,017	16,00	5,28	20,01	3,36
La Masma	0,305	18,20	5,60	21,88	2,90	0,303	17,70	5,72	26,49	3,03	0,303	17,60	5,68	28,50	2,99
Chupiticaga	0,495	19,00	5,10	29,00	3,25	0,487	17,64	5,28	29,39	3,25	0,479	17,59	5,19	30,94	3,26
Vergaray	0,510	18,30	6,40	28,90	3,01	0,491	18,10	6,31	28,78	3,41	0,508	18,40	6,31	30,14	3,21

Fuente: Elaboración propia a partir de la lectura de los parámetros registrados en los manantiales

Tabla 36. Parámetros registrados en diciembre de 2013, enero y febrero de 2014

Manantial	DICIEMBRE 24/12/13					ENERO 12/01/14					FEBRERO 16/02/14				
	Caudal L.s ⁻¹	T °C	pH	Conductividad μS.cm ⁻¹	Oxígeno Disuelto mg.L ⁻¹	Caudal L.s ⁻¹	T °C	pH	Conductividad μS.cm ⁻¹	Oxígeno Disuelto mg.L ⁻¹	Caudal L.s ⁻¹	T °C	pH	Conductividad μS.cm ⁻¹	Oxígeno Disuelto mg.L ⁻¹
Cotosacha	0,078	17,60	6,21	38,10	3,69	0,073	17,60	5,80	36,17	3,57	0,075	17,60	6,04	38,39	3,73
Ñoñorco	0,005	15,80	5,70	18,01	3,27	0,003	15,50	5,56	16,02	3,18	0,028	15,40	5,50	18,36	3,36
La Masma	0,327	17,50	5,72	25,74	2,95	0,227	14,40	5,68	22,99	2,91	0,217	17,20	5,67	27,45	2,98
Chupiticaga	0,441	17,98	5,21	28,86	3,26	0,390	18,38	5,44	26,78	3,26	0,406	17,33	5,46	27,84	3,26
Vergaray	0,386	18,00	6,22	28,84	3,13	0,419	17,60	6,30	27,55	3,05	0,448	17,60	6,16	28,14	3,25

Fuente: Elaboración propia a partir de la lectura de los parámetros registrados en los manantiales

Tabla 37. Parámetros registrados en marzo, abril y mayo de 2014

Manantial	MARZO 30/03/14					ABRIL 27/04/14					MAYO 25/05/14				
	Caudal L.s ⁻¹	T °C	pH	Conductividad μS.cm ⁻¹	Oxígeno Disuelto mg.L ⁻¹	Caudal L.s ⁻¹	T °C	pH	Conductividad μS.cm ⁻¹	Oxígeno Disuelto mg.L ⁻¹	Caudal L.s ⁻¹	T °C	pH	Conductividad μS.cm ⁻¹	Oxígeno Disuelto mg.L ⁻¹
Cotosacha	0,081	17,50	6,14	36,74	3,64	0,073	17,50	6,04	34,90	3,49	0,060	17,10	5,88	35,75	3,54
Ñoñorco	0,153	15,75	5,39	16,71	3,37	0,100	15,40	5,24	14,40	3,20	0,036	15,40	5,15	15,48	3,19
La Masma	0,321	17,75	5,67	26,40	2,98	0,259	17,80	5,61	26,30	2,92	0,226	17,20	5,63	24,09	2,91
Chupiticaga	0,423	17,07	5,38	24,74	3,27	0,403	16,50	5,48	20,10	3,28	0,369	17,75	5,42	24,55	3,27
Vergaray	0,429	16,80	6,21	26,14	3,29	0,447	15,50	6,12	23,50	3,16	0,447	16,90	6,07	26,20	3,09

Fuente: Elaboración propia a partir de la lectura de los parámetros registrados en los manantiales

Tabla 38. Temperatura del agua de los manantiales

Manantiales	TEMPERATURA DEL AGUA EN LOS MANANTIALES: En °C											
	2013							2014				
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
T °C Cotosacha	17,70	17,60	17,60	16,80	17,60	17,60	17,60	17,60	17,60	17,50	17,50	17,10
T °C Ñoñorco	17,90	17,50	16,30	17,90	16,10	16,00	15,80	15,50	15,40	15,75	15,40	15,40
T °C La Masma	18,19	18,10	17,80	18,20	17,70	17,60	17,50	14,40	17,20	17,75	17,80	17,20
T °C Chupiticaga	17,90	17,12	16,80	19,00	17,64	17,59	17,98	18,38	17,33	17,07	16,50	17,75
T °C Vergaray	18,60	18,70	18,80	18,30	18,10	18,40	18,00	17,60	17,60	16,80	15,50	16,90

Fuente: Elaboración propia a partir de la lectura de los parámetros registrados en los manantiales

Tabla 39. pH del agua de los manantiales

Manantiales	pH DEL AGUA EN LOS MANANTIALES											
	2013							2014				
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Cotosacha	5,53	6,42	6,36	6,27	6,23	6,08	6,21	5,80	6,04	6,14	6,04	5,88
Ñoñorco	5,53	5,48	5,39	5,49	5,39	5,28	5,70	5,56	5,50	5,39	5,24	5,15
La Masma	6,00	5,92	5,80	5,60	5,72	5,68	5,72	5,68	5,67	5,67	5,61	5,63
Chupiticaga	5,47	5,33	5,33	5,10	5,28	5,19	5,21	5,44	5,46	5,38	5,48	5,42
Vergaray	6,68	6,67	6,47	6,40	6,31	6,31	6,22	6,30	6,16	6,21	6,12	6,07

Fuente: Elaboración propia a partir de la lectura de los parámetros registrados en los manantiales

Tabla 40. Conductividad del agua de los manantiales

MANANTIALES	CONDUCTIVIDAD DEL AGUA EN LOS MANANTIALES: EN $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$											
	2013							2014				
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Cotosacha	41,00	41,50	42,00	36,59	38,58	40,04	38,10	36,17	38,39	36,74	34,90	35,75
Ñoñorco	22,00	21,00	20,00	16,56	19,01	20,01	18,01	16,02	18,36	16,71	14,40	15,48
La masma	30,00	30,50	31,00	21,88	26,49	28,50	25,74	22,99	27,45	26,40	26,30	24,09
Chupiticaga	32,00	32,50	33,00	29,00	29,39	30,94	28,86	26,78	27,84	24,74	20,10	24,55
Vergaray	30,00	31,50	33,00	28,90	28,78	30,14	28,84	27,55	28,14	26,14	23,50	26,20

Fuente: Elaboración propia a partir de la lectura de los parámetros registrados en los manantiales

Tabla 41. Oxígeno disuelto del agua de los manantiales

MANANTIALES	OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA DE LOS MANANTIALES EVALUADOS											
	2013						2014					
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Cotosacha	4,52	4,50	4,10	4,54	4,51	4,52	4,50	4,40	3,73	4,52	4,52	4,50
Ñoñorco	3,72	3,69	3,75	3,79	3,93	3,87	3,27	3,18	3,36	3,57	3,20	3,19
La masma	3,56	3,95	3,30	3,90	3,50	3,99	3,95	3,91	3,98	3,98	3,92	3,91
Chupiticaga	5,75	5,79	5,80	5,82	5,86	5,89	5,82	5,86	5,89	5,75	5,80	5,79
Vergaray	3,78	3,01	3,00	3,49	3,41	3,41	3,23	3,25	3,25	3,29	3,16	3,19

Fuente: Elaboración propia a partir de la lectura de los parámetros registrados en los manantiales

7.5. Anexo 5. Resultado del análisis de laboratorio NKAP

Tabla 42. Resultados de los ensayos realizados por el laboratorio

Parámetros	Unidad	29 de setiembre de 2013: estiaje					06 de abril de 2014: lluvias					ECA
		Coto.	Ñoño.	Masm.	Chup.	Verg.	Coto.	Ñoño.	Masm.	Chup.	Verg.	
SST	Mg.L-1	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	**
DBO	Mg.L-1	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	2,51	3,00
DQO	Mg.L-1	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,62	4,62	4,62	4,62	6,48	10,00
Nitritos	Mg.L-1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,00
Sulfatos	Mg.L-1	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	3,21	3,00	0,57	1,07	2,21	250,00
C. Fecales	NMP.100 ⁻¹ mL	⊕	1,7	1,7	1,7	1,7	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	0,00
C. Totales	NMP.100 ⁻¹ mL	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	23,00	2,00	23,00	13,00	1,70	50,00
C.Termo.	NMP.100 ⁻¹ mL	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	0,00

Fuente: (NKAP 2014) informes de ensayo N° C- 447-I213-HOR y C-163-D214-HOR

⊕ No se realizó el análisis para dicho parámetro

** No está tipificado el valor en los ECA para Agua Categoría 1 - Subcategoría A1

Tabla 43. Resultados del análisis de metales totales (periodo de estiaje)

Parámetros	Unidad	29 de setiembre de 2013:Estiaje					ECA
		Cotosacha	Ñoñorco	La Masma	Chupiticaga	Vergaray	
Aluminio Al	mg.L-1	0,277	0,215	0,106	0,062	0,233	0,200
Arsénico As	mg.L-1	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	0,010
Bario Ba	mg.L-1	0,0000357	0,0000357	0,0000357	0,0000357	0,0000357	0,700
Berilio Be	mg.L-1	0,000048	0,000048	0,000048	0,000048	0,000048	0,004
Boro B	mg.L-1	0,00813	0,00813	0,00813	0,00813	0,00813	0,500
Cadmio Cd	mg.L-1	0,000144	0,000144	0,000144	0,000144	0,000144	0,003
Cobre Cu	mg.L-1	0,000386	0,000386	0,000386	0,000386	0,000386	2,000
Cromo Cr	mg.L-1	0,0000295	0,0000295	0,0000295	0,0000295	0,0000295	0,050
Fósforo P	mg.L-1	0,022	0,039	0,00481	0,034	0,00481	0,100
Hierro Fe	mg.L-1	0,344	0,142	0,000722	0,589	0,188	0,300
Manganeso Mn	mg.L-1	0,00000658	0,00000658	0,00000658	0,00000658	0,00000658	0,100
Mercurio Hg	mg.L-1	0,0000325	0,0000325	0,0000325	0,0000325	0,0000325	0,001
Níquel Ni	mg.L-1	0,000315	0,000315	0,000315	0,000315	0,000315	0,020
Plata Ag	mg.L-1	0,00154	0,00154	0,00154	0,00154	0,00154	0,010
Plomo Pb	mg.L-1	0,00157	0,00157	0,00157	0,00157	0,00157	0,010
Selenio Se	mg.L-1	0,0162	0,0162	0,0162	0,0162	0,0162	0,010
Vanadio Va	mg.L-1	0,000723	0,000723	0,000723	0,000723	0,000723	0,100
Zinc Zn	mg.L-1	0,000556	0,000556	0,000556	0,000556	0,000556	3,000

Fuente: (NKAP, 2014) informes de ensayo N° C-447-I213-HOR y C-163-D214-HOR

Nota: En la tabla se muestran los parámetros donde las concentraciones no han excedido los valores del ECA para Agua Categoría 1 – Subcategoría A1, a excepción de los parámetros Aluminio, Arsénico (límite de cuantificación mayor al valor del ECA), Hierro y Selenio

Tabla 44. Resultados del análisis de metales totales (periodo de lluvias)

Parámetros	Unidad	06 de abril de 2014: Lluvias					ECA
		Cotosacha	Ñoñorco	La Masma	Chupiticaga	Vergaray	
Aluminio Al	mg.L-1	0,280	0,255	0,096	0,045	0,253	0,200
Arsénico As	mg.L-1	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	0,010
Bario Ba	mg.L-1	0,0000357	0,0000357	0,0000357	0,0000357	0,0000357	0,700
Berilio Be	mg.L-1	0,000048	0,000048	0,000048	0,000048	0,000048	0,004
Boro B	mg.L-1	0,00813	0,00813	0,00813	0,00813	0,00813	0,500
Cadmio Cd	mg.L-1	0,000144	0,000144	0,000144	0,000144	0,000144	0,003
Cobre Cu	mg.L-1	0,008	0,021	0,002	0,007	0,008	2,000
Cromo Cr	mg.L-1	0,068	0,0000295	0,0000295	0,428	0,0000295	0,050
Fósforo P	mg.L-1	0,00481	0,00481	0,00481	0,00481	0,00481	0,100
Hierro Fe	mg.L-1	0,162	0,156	0,092	0,119	0,122	0,300
Manganeso Mn	mg.L-1	0,00000658	0,00000658	0,00000658	0,00000658	0,00000658	0,100
Mercurio Hg	mg.L-1	0,0000325	0,0000325	0,0000325	0,0000325	0,0000325	0,001
Níquel Ni	mg.L-1	0,000315	0,000315	0,000315	0,000315	0,000315	0,020
Plata Ag	mg.L-1	0,00154	0,00154	0,00154	0,00154	0,00154	0,010
Plomo Pb	mg.L-1	0,010	0,006	0,006	0,008	0,002	0,010
Selenio Se	mg.L-1	0,0162	0,0162	0,0162	0,0162	0,0162	0,010
Vanadio Va	mg.L-1	0,000723	0,000723	0,000723	0,000723	0,000723	0,100
Zinc Zn	mg.L-1	0,000556	0,000556	0,000556	0,000556	0,000556	3,000

Fuente: (NKAP, 2014) informes de ensayo N° C-447-I213-HOR y C-163-D214-HOR

Nota: En la tabla se muestran los parámetros donde las concentraciones no han excedido los valores del ECA para Agua Categoría 1 – Subcategoría A1, a excepción de los parámetros Aluminio, Arsénico (límite de cuantificación mayor al valor del ECA), Hierro y Selenio.

Tabla 45. Concentraciones de calcio, potasio y sodio

PARAMETROS	UNIDAD	29 DE SETIEMBRE DE 2013: ESTIAJE					06 DE ABRIL DE 2014: LLUVIAS				
		Coto.	Ñoño.	Masm.	Chup.	Verg.	Coto.	Ñoño.	Masm.	Chup.	Verg.
Calcio Ca	mg.L-1	1,697	1,761	2,582	2,733	1,713	0,728	0,281	0,229	0,414	0,300
Potasio K	mg.L-1	11,352	16,477	12,770	12,914	21,877	1,208	0,197	0,419	0,393	0,649
Sodio Na	mg.L-1	9,735	15,310	13,710	9,310	17,060	0,256	0,107	0,370	0,167	0,212

Fuente: (NKAP, 2014) Informes de ensayo N° C-447-I213-HOR y C-163-D214-HOR

7.6. Anexo 6. Registro fotográfico de la investigación

Registro fotográfico del manantial Cotosacha:

Mediciones de los parámetros de campo durante el periodo de evaluación de la calidad del agua y, el muestreo en las épocas de lluvias y estiaje.



Figura 24. Infraestructura del manantial Cotosacha



Figura 25. Contenedor de trasporte de las muestras



Figura 26. Medición de parámetros de Campo



Figura 27. Muestreo en el manantial Cotosacha



Figura 28. Preservación de muestras de metales totales

Registro fotográfico del manantial Ñoñorco

Mediciones de los parámetros de campo durante el periodo de evaluación de la calidad del agua y, el muestreo en las épocas de lluvias y estiaje.



Figura 29. Infraestructura del manantial Ñoñorco



Figura 30. Materiales de muestreo



Figura 31. Medición de parámetros de campo



Figura 32. Muestreo de coliformes totales



Figura 33. Preservación de muestras de metales totales

Registro fotográfico del manantial La Masma

Mediciones de los parámetros de campo durante el periodo de evaluación de la calidad de agua y, el muestreo en las épocas de lluvias y estiaje.



Figura 34. Infraestructura del manantial La Masma



Figura 35. Manantial La Masma



Figura 36. Medición de caudal



Figura 37. Muestreo en el manantial La Masma



Figura 38. Almacenamiento de las muestras

Registro fotográfico del manantial Chupiticaga

Mediciones de los parámetros de campo durante el periodo de evaluación de la calidad de agua y, el muestreo en las épocas de lluvias y estiaje



Figura 39. Infraestructura del manantial Chupiticaga



Figura 40. Muestreo de coliformes totales



Figura 41. Medición de parámetros de Campo



Figura 42. Muestras y preservantes

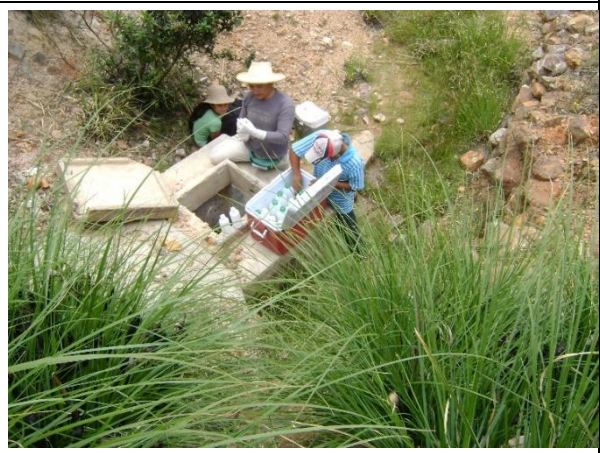


Figura 43. Preservación de muestras de metales totales

Registro fotográfico del manantial Vergaray

Mediciones de los parámetros de campo durante el periodo de evaluación de la calidad de agua y, el muestreo en las épocas de lluvias y estiaje



Figura 44. Infraestructura del manantial Vergaray



Figura 45. Contenedor de trasporte de las muestras



Figura 46. Muestras y preservantes



Figura 47. Muestreo en el manantial Vergaray



Figura 48. Preservación de muestras de metales totales

GLOSARIO

Manantial: manantial es el punto de afloramientos de aguas subterráneas que, por diferencias de cotas, la impermeabilidad del suelo, o la geología son factores que permiten la resurgencia del agua subterránea a la superficie dentro de la cuenca hidrográfica, en el Perú se conoce, como ojo, manantial, fuente, manante, puquio o acuífero de agua.

Límite de cuantificación: Es la menor concentración de un analito o sustancia en una muestra que puede ser cuantificada con precisión y exactitud aceptables bajo las condiciones en que se lleva a cabo el método.

Límite de detección: Es la mínima concentración de un analito o sustancia en una muestra, la cual puede ser detectada pero no necesariamente cuantificada bajo las condiciones en que se lleva a cabo el método.

Preservación: Tiene por objetivo mantener las condiciones iniciales de las muestras hasta el momento del análisis.

Conservación: Mantener la integridad química de la muestra dependiendo las características, la conservación frecuente es el almacenamiento a baja temperatura a 4 °C en oscuridad y recipientes de color topacio.

Calidad de agua: No es una característica absoluta, sino que, es un atributo definido socialmente, categorizado en función del uso y, que no represente riesgo al usarlo.

Demanda de agua: La demanda hídrica poblacional, se puede obtener a partir de los volúmenes promedios de agua consumida en un determinado tiempo por cada integrante de la familia.

Oferta de agua: La oferta hídrica total está definida por el valor promedio anual de la fuente natural abastecedora.