

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental



TESIS

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO AMBIENTAL

**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL AGUA DEL MANANTIAL
LA QUINTILLA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA
POTABLE DEL DISTRITO DE SUCRE – CELENDÍN**

PRESENTADO POR
BACHILLER: AZUCENA CHAVEZ COLLANTES

ASESOR:
Ing. Quim. Jorge Silvestre Lezama Bueno

CAJAMARCA – PERÚ

2016

DEDICATORIA

A mis padres con todo el amor del mundo, Egberto Chávez Romero y Ursula Rosa Collantes Zegarra; por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por su ejemplo de perseverancia y constancia, por sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por ser las personas que me enseñaron a ser quien soy y por su amor incondicional.

A mi papá Shalo y mi mamá Amada, porque son el tronco del amor, el respeto, la confianza, la bondad, la humildad y el infinito ejemplo de unión.

A mi tía Chalfía y a sus hermosas hijas Malynkaya y Ursulita; por ser un eje central en mi vida; por su constante amor, apoyo y por ser mí mejor ejemplo de superación y constancia en la vida.

A mis hermanas Amadita y Dina Flor; por ser el motor y la fuerza unida a mí, para lograr grandes cosas en bien de nuestra familia.

A mis tíos Jorge, Irma, Juan, Luis Alberto y Víctor Alfredo; por ser parte de mi formación como persona y por sus grandes consejos para seguir adelante en la lucha constante de la vida.

A mis primos por ser la luz de mi alegría en épocas de tristeza, en especial a Jhoan, Isidro, Loana, José Luis, Dayana y Liz.

A mi sobrina querida Samantha, por sus pocas palabras y sus grandes sonrisas.

A Eisner Will Castillo Rojas, por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento y motivación para la culminación de este trabajo.

A mis familiares, amigos y a quienes se sumaron a mi vida para hacerme compañía con sus sonrisas de ánimo, con sus consuelos y sus grandes enseñanzas, en especial a Danitza Aguilar.

AGRADECIMIENTO

Uso estas líneas para expresar mi profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo.

*Agradezco a Dios por protegerme y guiarme durante este camino.
A mi familia por su apoyo incondicional.*

A mi asesor Ing. Quim. Jorge Silvestre Lezama Bueno; por su esfuerzo y dedicación, y porque a pesar de nuestras diferencias supo guiarme, enseñarme y comprenderme en todo el proceso del trabajo de tesis.

A mis co asesores Ing. Amb. Amadita Chávez Collantes y Alex Idelso Briones Barboza; por su apoyo en el trabajo de tesis.

A la JASS de Sucre; por permitirme y autorizarme utilizar sus instalaciones para el desarrollo de la tesis, también por apoyarme y facilitarme la documentación requerida; en especial a los señores: Elmo Cotrina, Silverio Montoya y a la Srta. Doris Escalante.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, por ser mi alma mater profesional y a todos los profesores, por sus enseñanzas y su apoyo incondicional.

El mundo está lleno
de buenas personas,
sino las encuentras,
Sé una de ellas
Dalái Lama

INDICE GENERAL

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
VII. INTRODUCCIÓN.....	11
7.1. Problema de investigación	12
7.2. Formulación del problema.....	14
7.3. Objetivos de la investigación.....	14
7.4. Hipótesis de la investigación	14
VIII. MARCO TEÓRICO.....	15
8.1. Antecedentes	15
8.2. El agua, como disolvente universal.....	16
8.3. Calidad química del agua.....	17
8.4. Metales pesados	18
7.4.1. Presencia de metales pesados en el agua	20
7.4.2. Efectos de los metales pesados en la salud del ser humano	20
8.5. Aluminio	21
8.6. Cadmio.....	22
8.7. Cobre	23
8.8. Cromo	23
8.9. Hierro	24
8.10. Plomo.....	24
8.11. Zinc	25
8.12. Normativa aplicada para el desarrollo de la investigación	26
IX. MATERIALES Y MÉTODOS	27
9.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación	28
8.1.1. Área de estudio.....	28
8.1.2. Ubicación geográfica	28
8.1.3. Actividades productivas	28
8.1.4. Clima.....	29
8.1.5. Suelo.....	29
8.1.6. Población	30

9.2. MATERIALES	30
8.2.1. Material de campo	30
8.2.2. Material y equipo de laboratorio.....	31
8.2.3. Materiales y equipos de gabinete	31
9.3. METODOLOGÍA	31
8.3.1. Método de investigación	32
8.3.2. Población, muestra y unidad de análisis.....	32
8.3.3. Trabajo de campo	32
8.3.4. Trabajo de laboratorio.....	34
8.3.5. Trabajo de Gabinete	34
IX. RESULTADOS Y DISCUSIONES	35
9.1. Plomo	35
9.2. Cadmio.....	38
9.3. Hierro	40
9.4. Cobre	43
9.5. Cromo	46
9.6. Aluminio	49
9.7. Zinc	52
X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
10.1. Conclusiones	56
10.2. Recomendaciones	56
XI. BIBLIOGRAFIA.....	59
XII. ANEXOS	64
12.1. Información sobre las principales enfermedades de la población del distrito de Sucre	64
12.2. Panel Fotográfico.....	67
12.3. Resultados de monitoreo	75
12.4. Resultados de laboratorios acreditados.....	85

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de comparación para el desarrollo de la presente investigación	27
Tabla 2. Población Urbana y rural del distrito de Sucre	30
Tabla 3. Ubicación de puntos de monitoreo	33
Tabla 4. Promedios mensuales de concentración de plomo comparados con la normativa vigente.....	35
Tabla 5. Promedios mensuales de concentración de Cadmio comparados con la normativa vigente	38
Tabla 6. Promedios mensuales de concentración de Hierro comparados con la normativa	40
Tabla 7. Promedios mensuales de concentración de Cobre comparados con la normativa vigente.....	43
Tabla 8. Promedios mensuales de concentración de Cromo comparados con la normativa vigente.....	46
Tabla 9. Promedios mensuales de concentración de Aluminio comparados con la normativa vigente	49
Tabla 10. Promedios mensuales de concentración de Zinc comparados con la normativa vigente.....	52
Tabla 12. Enfermedades registradas en el Centro de Salud Sucre – año 2013	64
Tabla 13. Enfermedades registradas en el Centro de Salud Sucre – año 2014	65
Tabla 14. Valores de concentración de Aluminio	75
Tabla 15. Valores de concentración de Cobre	75
Tabla 16. Valores de concentración de Plomo.....	76
Tabla 17. Valores de concentración de Cadmio	76
Tabla 18. Valores de concentración de Hierro	77
Tabla 19. Valores de concentración de Cromo	77
Tabla 20. Valores de concentración de Zinc	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valores promedios mensuales de Plomo por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de la normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS).....	36
Figura 2. Valores promedios mensuales de Cadmio por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS).....	39
Figura 3. Valores promedios mensuales de Cobre por punto de monitoreo	41
Figura 4. Valores promedios mensuales de Hierro por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS).....	42
Figura 5. Valores promedios mensuales de Cobre por punto de monitoreo	44
Figura 6. Valores promedios mensuales de Cobre por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS).....	45
Figura 7. Valores promedios mensuales de Cromo por punto de monitoreo	47
Figura 8. Valores promedios mensuales de Cromo por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS).....	48
Figura 9. Valores promedios mensuales de Aluminio por punto de monitoreo .	50
Figura 10. Valores promedios mensuales de Aluminio por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS).....	51
Figura 11. Valores promedios mensuales de Cromo por punto de monitoreo ..	53
Figura 12. Valores promedios mensuales de Zinc por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS).....	54
Figura 13. Preparación de material para medir parámetros conservación de muestras del agua del manantial “La Quintilla”- Sucre, Celendín, Cajamarca ..	67
Figura 14. Calibración del equipo multiparámetros.....	67

Figura 15. Toma de muestra de agua de la captación del sistema de agua potable	68
Figura 16. Toma de muestra de agua en la captación del sistema de agua potable de Sucre	68
Figura 17. Muestra de agua etiquetada; para enviar a laboratorio acreditado ..	69
Figura 18. Toma de muestra de agua en la captación de agua Sucre	69
Figura 19. En compañía del presidente de la JASS, para tomar muestra de agua de la captación del Manantial La Quintilla	70
Figura 20. Participación en la visita guiada en la planta de tratamiento de agua potable	70
Figura 21. Toma de muestra de agua de la captación del manantial la Quintilla	71
Figura 22. Observando las condiciones del punto de captación del manantial de agua la Quintilla, Sucre, Celendín – Cajamarca.....	71
Figura 23. Aplicación de encuesta a pobladora del Distrito de Sucre	72
Figura 24. Aplicación de encuesta a pobladores del distrito de Sucre	72
Figura 25. Almacenando muestra de agua, tomada en la capacitación de agua	73
Figura 26. Etiquetado de recipiente, conteniendo la muestra de agua para ser enviada a laboratorio.....	73
Figura 27. Clasificación de los reactivos a utilizar en el laboratorio	74
Figura 28. Toma de fotografías en el momento de mantenimiento y limpieza de la planta de tratamiento de agua potable de Sucre.....	74
Figura 29. Mapa de ubicación del área de estudio.....	78
Figura 30. Mapa satelital de ubicación del área de estudio	78
Figura 31. Mapa de vías de acceso al área de estudio.....	78
Figura 32. Mapa de ubicación de puntos de monitoreo	78
Figura 33. Mapa geológico del área de estudio	78
Figura 34. Mapa de influencia antropogénicas del área de estudio	78

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue ejecutado en el manantial la Quintilla y línea de conducción del sistema de agua potable en el distrito de Sucre, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca. El objetivo de la investigación, fue determinar la concentración de metales pesados (Pb, Cd, Fe, Cu, Cr, Al, Zn) en época de estiaje y época húmeda, analizar sus niveles y grados de concentración, realizar una contrastación y/o comparación de estos resultados con la normativa vigente para fuentes de agua utilizadas para consumo humano en la norma nacional (D.S N° 031-2010-SA) y normativa internacional propuesta por la Organización Mundial de la Salud; con la finalidad de determinar si el agua que proviene del manantial la Quintilla y la línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre, presenta una elevada concentración de metales pesados. Para la ejecución y el desarrollo de éste trabajo de investigación, se diseñó y desarrolló un programa de recojo de información a través de monitoreo (para las muestras de agua), encuesta y colección de datos primarios de la Junta Administradora de Servicio y Saneamiento, Municipalidad Distrital y del Puesto de Salud de Sucre, con la finalidad de complementar y relacionar la información. Los datos obtenidos de metales pesados expresados en valores de concentración en mg/L, no exceden a los valores permisibles establecidos en la normativa nacional e internacional para consumo humano (D.S N° 031-2010-SA y OMS). Debido a la presencia de metales pesados se recomienda la implementación de un Programa de monitoreo continuo, con la finalidad de reconocer en época exacta y tiempo determinado, los valores de concentración de metales pesados, para poder establecer de manera puntual el tipo de tratamiento que se requiere.

ABSTRACT

This research was executed in the spring the Quintilla and flowline system of drinking water in the district of Sucre province of Celendin, Cajamarca department. The aim of the research was to determine the concentration of heavy metals (Pb, Cd, Fe, Cu, Cr, Al, Zn) in the dry season and wet season, analyze levels and degrees of concentration, make a contrasting and / or comparison of these results with current regulations for water sources used for human consumption in the national standard (DS No. 031-2010-SA) and international regulations proposed by the World Health Organization; in order to determine if the water from the spring line limerick and driving water system Sucre district, has a high concentration of heavy metals. For the implementation and development of this research, we designed and developed a program of information gathering through monitoring (for water samples), survey and collection of primary data from the Administrative Service Board and Sanitation, Municipality district and Health Post Sucre, in order to complement and relate information. The data obtained from heavy metals concentration values expressed in mg / L, do not exceed the permissible values established by national and international standards for human consumption (D. S No. 031-2010-SA and WHO). Due to the presence of heavy metals implementing a continuous monitoring program is recommended in order to recognize exact time and set time, the concentration values for heavy metals in order to establish in a timely manner the type of treatment required.

INTRODUCCIÓN

Estudios sobre metales pesados han sido temas recurrentes en las últimas décadas debido a su importancia como contaminantes en el ambiente (suelos, aire y agua) de tal manera que una gran cantidad de países, sobre todo los desarrollados, han establecido su propio marco regulatorio que les permite controlar emisiones que puedan perjudicar al ambiente y por ende a la salud humana (Hernández, 2005)

A nivel mundial se hacen esfuerzos por aumentar estudios relacionados con los impactos hacia la población expuesta, que son ocasionados por compuestos químicos. Tanto la Organización Mundial de la Salud, la Agencia de Protección Ambiental, las distintas universidades, entre otras entidades e instituciones internacionales y nacionales, mantienen programas de fomento hacia la investigación de estos impactos ambientales.

La concentración de grandes grupos de población y los cambios introducidos por el desarrollo tecnológico e industrial son causantes de la presencia de un gran número de sustancias que contaminan el ambiente, sin que exista un control adecuado que garantice la seguridad en el manejo o inocuidad para la población expuesta (OMS, 2002)

Las actividades económicas, los desplazamientos humanos y el incremento del cambio climático han tenido efectos sobre la calidad de vida y el deterioro ambiental de suelos, aire y agua; pero sobre todo, en recursos como el agua; donde no sólo es importante la cantidad, sino la calidad; además de haberse convertido en un tema de seguridad nacional (FAO, 1993)

La presencia de metales en los diversos sistemas puede ser de origen natural o derivarse de actividades antropogénicas y depende de la forma química en que se encuentran, lo más común es encontrar a los metales pesados en forma de partícula, en estado coloidal, o disueltos formando diversos compuestos; en sistemas acuosos se presenta una elevada

biodisponibilidad y son fácilmente absorbidos por la biota acuática (Torres, 2005)

Las aguas naturales contienen una amplia variedad de sustancias químicas, a causa fundamentalmente de la gran capacidad disolvente, reactiva y erosiva del agua (Orozco et al. 2003)

Las concentraciones de estos microcomponentes en aguas naturales son influenciadas por los ciclos geológicos y biológicos, y pueden variar en función de la distancia de la fuente emisora, la profundidad y la temporada (Seoáñez, 1999)

Dentro de los contaminantes considerados riesgosos se incluye a los metales pesados que, aún en pequeñas concentraciones, pueden resultar altamente tóxicos (OMS, 2002)

El manantial La Quintilla es la principal fuente de abastecimiento de agua para la población del distrito de Sucre; no obstante, se desconocía la presencia y grado de concentración de metales pesados en el mismo manantial y en la línea de conducción. En tal sentido, la presente investigación se considera pionera en ésta temática que consistió en determinar la presencia y concentración de metales pesados considerados potencialmente tóxicos por la Organización Mundial de la Salud y por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA)

6.1. Problema de investigación

El manantial La Quintilla es uno de los recursos hídricos más significativo para la población del distrito de Sucre, debido a que es la fuente principal para el abastecimiento de agua potable; se ubica en el margen derecho del río La Quintilla, el cual tiene un caudal de 3,87 l/s, que en épocas de lluvia su cauce se desborda causando problemas o inconvenientes en la captación y línea de conducción; esto sumado a la ubicación del caserío La Laguna en la parte alta de la micro cuenca, que no cuenta con un lugar de disposición final

de residuos sólidos, ni con un sistema de tratamiento de aguas residuales, además de la utilización de fertilizantes, productos agroquímicos y actividades agrícolas y pecuarias de nivel medio moderado en el caserío, como en el emplazamiento del área de estudio (ZEE, 2010); pudiendo causar que en máximas avenidas del río La Quintilla pueda arrastrar aguas abajo todos estos contaminantes que pueden infiltrarse en el agua del manantial y contaminar así el agua de la línea de conducción y por ende el agua de abastecimiento y consumo humano.

Se puede observar que el área de estudio, presenta formaciones de suelo calizo, que facilitan los procesos de infiltración de contaminantes que pueden ser destinados a las fuentes de agua, por su composición aportan al suelo cantidades significativas de calcio, además de metales pesados en cantidades menores de concentración como cromo, níquel, cobre y manganeso; suelos arcilloso, que influyen en el intercambio iónico del suelo, su presencia puede integrar fracciones de silicatos y aluminosilicatos, sus características facilitan a la retención del agua por tiempos prolongados influenciando la adición de estos iones al agua y suelos arenoso, que su composición presenta fracciones de zinc, plomo, cobre y cadmio.

Las formas iónicas, como el cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn), pueden ser tóxicas para la flora, la fauna terrestre y acuática; además de ser tóxicas, son acumulables por los organismos que los absorben, los cuales a su vez son fuente de alimentación en las redes trófica y son transferidos a cada uno de sus eslabones (EPA, 2015)

En consecuencia, esto incrementa la necesidad de conocer los niveles de concentración de metales pesados en el agua del manantial La Quintilla y la línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre.

6.2. Formulación del problema

¿Cuál es la concentración de metales pesados (Pb, Cd, Fe, Cu, Cr, Al, Zn) en el agua del manantial la Quintilla y línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre - Celendín?

6.3. Objetivos de la investigación

6.3.1. Objetivo general

- Determinar la concentración de metales pesados (Pb, Cd, Fe, Cu, Cr, Al, Zn) en el agua del manantial la Quintilla y línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre – Celendín; en época de estiaje y época lluviosa.

6.3.2. Objetivo Especifico

- Evaluar la concentración de metales pesados con los Límites Máximos Permisibles (D.S N° 031-2010-SA) y normativa internacional propuesta por la OMS, para agua destinada al consumo humano.

6.4. Hipótesis de la investigación

Los valores de las concentraciones de los metales pesados (Pb, Cd, Fe, Cu, Cr, Al, Zn) de las aguas del manantial la Quintilla y la línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre - Celendín, son superiores a los Límites Máximo Permisibles, de la calidad de agua para el consumo humano.

VII. MARCO TEÓRICO

7.1. Antecedentes

Los metales pesados, con excepción del Ni, Co, Mn y Fe, han incrementado su presencia tres veces más en los últimos 400 años debido a las actividades antropogénicas; particularmente el plomo, lo ha hecho en quinientas veces en los últimos dos mil ochocientos años, según análisis en la capa de hielo de Groenlandia, este incremento se debe; a la combustión de derivados alquílicos de plomo, los cuales llegan a la atmósfera procedentes de los escapes de vehículos automotores y de ahí a fuentes como el agua y el suelo (Goldbe 1979)

Otros metales pesados aumentan su concentración en el agua subterránea a partir de procesos naturales de degradación, erosión y oxidación causados por el ciclo hidrológico (Bricker y Jones 1995)

Los metales pesados que forman parte de los elementos constituyen la corteza terrestre y tanto los fenómenos geológicos como los antropogénicas, pueden lograr que los metales como el Ba, Cd, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn, V y Sn, se encuentren en grandes concentraciones en algunos suelos y, en consecuencia, también en acuíferos, lagos, ríos, arroyos y océanos ocasionando daños importantes a la biota donde, incluso, logran llegar al hombre a través de las cadenas tróficas (SEMARNAT, 2004)

Es necesario resaltar la importancia de los procesos geológicos y antropogénicas que en condiciones de intensidad desencadenantes, pueden ocasionar el incremento de sustancias como los metales pesados que originan proceso de contaminación en el suelo, agua y biota (DGCA, 2010)

La presencia y composición de metales en acuíferos o aguas freáticas depende de factores tales como la degradación natural de minerales (generalmente mediante procesos de óxido-reducción), la modificación y transformación de las propiedades que sufre el metal durante cierto período

geológico y las características del medio en que se encuentran como dureza, temperatura y pH (Allard, 1995; Stuyfzand, 1999)

Tanto la extracción de minerales, como el uso de combustibles, la inadecuada y excesiva descarga de residuos industriales, agrícolas y domésticos en basureros a cielo abierto ya sea por infiltración o por lixiviación, llegan a las corrientes superficiales y a los acuíferos, alterando el equilibrio de los ecosistemas acuáticos ya que, los metales, no son fácilmente removibles y los organismos vivos no experimentan detoxificación rápida a través de actividades metabólicas y por lo tanto son bioacumulables (Umar y Ahmad, 2000)

Se debe recalcar por la información revisada en las bases precedentes a este capítulo, que las aguas subterráneas pueden tener concentraciones de metales pesados por los procesos naturales de degradación, erosión, oxidación causados por el ciclo hidrológico, además de los procesos de infiltración y lixiviación (Bricker y Jones 1995)

Por su parte, en la ciudad de Sucre de la provincia de Celendín, departamento de Cajamarca; no se tiene ninguna base de datos, ni registro, ni estudios de investigación que hayan determinado la concentración de metales pesados en fuentes de agua o específicamente en el manantial y línea de conducción del sistema de agua potable.

Los datos obtenidos en el Centro de Salud Sucre, registra que las enfermedades más frecuentes y con mayor incidencia por exposición probable del uso y consumo de agua con concentraciones de metales pesados, son las que se asocian a las enfermedades del sistema nervioso, que van en un ascenso entre los años 2013 y 2014 de un 0.1% a 2.9% (CSS, 2015)

7.2. El agua, como disolvente universal

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 (MINAGRI, 2009)

Considerado como el componente ambiental más importante en nuestro planeta para el desarrollo de las actividades humanas e industriales (Suarez 2008), además de ser el constituyente más importante del organismo humano (Romero, 1999)

Significativo por su capacidad como solvente universal, debido a que es capaz de disolver o dispersar la mayoría de sustancias con las que tiene contacto, sean estas sólidas, líquidas o gaseosas, y de formar con ellas iones, complejos solubles e insolubles, coloides o simplemente partículas dispersas de diferente tamaño y peso (Vargas et al. 2009)

Desde el punto de vista de la salud humana, el agua ayuda a eliminar las sustancias resultantes de los procesos bioquímicos que se desarrollan en el organismo humano, a través de los órganos excretores, en especial la orina y el sudor; sin embargo, por esta misma propiedad, puede transportar una serie de tóxicos al organismo que pueden afectar a diferentes órganos, de manera reversible o irreversible (Barrenechea, s.f.)

La preocupación por el cuidado y protección de las fuentes superficiales de este importante recurso va en aumento, formulando para ello diversas actividades dentro de las cuales podemos mencionar a los estudios de investigación relacionados con sus características físicas, químicas y biológicas (Méndez 2010)

7.3. Calidad química del agua

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (FAO 1993), se basa en la comparación de los resultados de los análisis de la calidad del agua con los valores de referencia (Wrightman, 2008)

La superación de un valor de referencia no implica necesariamente un riesgo significativo para la salud; por lo tanto, la existencia en el agua, tanto a corto como a largo plazo, de concentraciones de sustancias superiores a los valores de referencia no implica necesariamente que ésta no sea apta para el consumo (OMS, 2004)

El control de calidad del agua para consumo humano se encuentra ejercido por el proveedor en el sistema de abastecimiento de agua potable; en este sentido, el proveedor a través de sus procedimientos garantiza el cumplimiento de las disposiciones, requisitos sanitarios dispuestos en la normativa que regula dicho control y a través de prácticas de autocontrol, identificación de fallas y adopción de medidas correctivas necesarias para asegurar la inocuidad del agua que provee (DIGESA, 2010)

7.4. Metales pesados

Se considera metales pesados a los elementos metálicos que tiene una densidad igual o superior a 5 g/cm^3 cuando está en forma elemental, su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0.1% y casi siempre menor al 0.01% (Aramburo, 2011)

La presencia de metales pesados en agua potable, es de gran importancia en los estudio de calidad química del agua debido a las propiedades toxicas de estos elementos; los metales pueden afectar adversamente a los consumidores del agua y a los sistemas de tratamiento (OPS, 1995)

Dentro de los metales pesados se distinguen dos grupos:

A. Los Micronutrientes: necesarios para el desarrollo de la vida de determinados organismos, son requeridos en pequeñas cantidades o cantidades traza y pasado cierto umbral se vuelven tóxicos; dentro de este grupo se encuentran As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V, Zn (Galán, 2008)

B. Metales pesados no esenciales: Son metales cuya presencia en determinadas cantidades en los seres vivos, provocan disfunciones en sus organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. Son principalmente: Be, Cd, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn y Ti (Galán, 2008)

La preocupación que se deriva de los metales pesados, se atribuyen a las concentraciones elevadas de estos elementos que generan determinados efectos de contaminación ambiental, toxicidad y ecotoxicidad (Aramburo, 2011)

La elevada toxicidad, alta persistencia y rápida acumulación que presentan los metales pesados en los organismos vivos, los convierte en contaminantes prioritarios cuyos efectos tóxicos no se detectan fácilmente a corto plazo, aunque si puede haber una incidencia muy importante a mediano y largo plazo (García, 2008)

Por las características generales expuestas, es necesario identificar el origen de los metales pesados en los sedimentos béticos de los cuerpos hídricos, que en esencia tiene dos fuentes principales, las fuentes naturales y las fuentes antropogénicas; como principal fuente natural aportante, se tiene la meteorización de rocas y suelos directamente expuestos a la acción del agua; por su parte, las actividades antropogénicas como la agricultura, la industria y los residuos urbanos tienen gran importancia en el aporte de metales pesados en el fondo de los cursos de aguas naturales (Marzal, 2001)

Zafra (2009), afirma que los metales pesados tienen tres vías principales de entrada a los sistemas acuáticos:

⇒ **La vía atmosférica**, se produce debido a la sedimentación de partículas emitidas a la atmósfera por procesos naturales o antropogénicas, principalmente combustión de combustibles fósiles y procesos de fundición de metales.

⇒ **La vía terrestre**, es producto de filtraciones de vertidos, de la escorrentía superficial de terrenos contaminados (minas, utilización de lodos como abono, lixiviación de residuos sólidos y precipitación atmosférica) y otras causas naturales.

⇒ **La vía directa**, es a consecuencia de los vertidos directos de aguas residuales industriales y urbanas a los cauces fluviales.

7.4.1. Presencia de metales pesados en el agua

Los metales pesados se encuentran en forma natural en la corteza terrestre; sin embargo cuando se liberan en el ambiente por las actividades humanas pueden llegar a convertirse en contaminantes en el aire, agua superficial, subterránea, otros ambientes acuáticos y suelo (Reyes et al. 2012)

Rojas (2002), manifiesta que en las prácticas agrícolas, el uso de químicos para combatir plagas y fertilizar el suelo aportan grandes cantidades de metales pesados como cobre, cadmio, mercurio, cromo, arsénico, entre otros; así como, las actividades en fabricación de plásticos, recubrimientos anticorrosivos, alimentos, manufactura de plaguicidas, baterías, soldaduras, pigmentos, producción de acero y curtidoras de piel.

7.4.2. Efectos de los metales pesados en la salud del ser humano

De acuerdo a la lista de contaminantes prioritarios de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2010), los metales tóxicos son: arsénico, cromo, cobalto, níquel, cobre, zinc, cadmio, mercurio, titanio, selenio y plomo.

La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, 2005) considera entre sus sustancias más peligrosas al plomo, mercurio, arsénico y cadmio.

Los efectos carcinogénicos de los metales pesados y metaloides también han sido estudiados ampliamente, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer, clasifica las sustancias de acuerdo a su

condición carcinogénica; en el grupo 1 (Carcinógeno Humano) se encuentran los compuestos del cromo (VI), arsénico orgánico e inorgánico, cadmio, hierro (durante exposición ocupacional) y níquel; en el grupo 2A (Probable Carcinógeno Humano) se enlista el plomo inorgánico y sus compuestos (IARC, 2002)

Los efectos que estos elementos tienen sobre la salud del ser humano dependen de la naturaleza del compuesto, la ruta de exposición, la dosis de exposición y el tiempo de exposición; las vías de exposición pueden ser por la inhalación de humos o aire contaminado, ingesta de alimentos y/o agua contaminada, consumo de medicamentos, o por contacto directo con la piel. Actualmente una de las más importantes rutas de exposición es la ingesta de agua debido a la contaminación de acuíferos (Rojas, 2002)

7.5. Aluminio

El aluminio es un componente natural de las aguas superficiales y subterráneas (Orozco et al, 2003), considerado como el elemento metálico más abundante y constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre (Seoáñez, 1999)

Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas, puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, siendo responsables de la turbiedad del agua. Las concentraciones más frecuentes en las aguas superficiales oscilan entre 0,1 y 10 ppm.

Se halla ampliamente distribuido en las plantas y en casi todas las rocas, sobre todo en las ígneas, que contienen aluminio en forma de minerales de alúmino silicato; cuando estos minerales se disuelven, según las condiciones químicas, es posible precipitar el aluminio en forma de arcillas minerales, hidróxidos de aluminio o ambos, en esas condiciones se forman las bauxitas que sirven de materia prima fundamental en la producción de aluminio (Custodio, 2001)

La principal vía de exposición al aluminio de la población general es el consumo de alimentos, sobre todo de los que contienen compuestos de aluminio utilizados como aditivos alimentarios (IARC, 2002)

Cuando el aluminio se encuentra en el agua cruda, se recomienda usar como coagulantes sales de hierro o polímeros sintéticos, los coagulantes alumínicos dejan un remanente de metal que, en algunos casos, puede llegar a niveles no deseados (Barrenechea, s.f.)

La mayoría de las autoridades del agua alrededor del mundo utilizan el sulfato de aluminio (alum) como agente floculante en el tratamiento de sus suministro de agua (Orozco et al, 2003)

Un agente floculante es una sustancia que, añadida al agua, atrae las pequeñas partículas de materia inorgánica, bacterias, virus y otros organismos potencialmente peligrosos para los humanos, ayudando a su filtrado. En aguas neutras está presente como compuestos insolubles, y en aguas altamente ácidas o alcalinas se puede presentar en solución (AEA, 2008)

Algunos estudios epidemiológicos han investigado la posible relación entre el aluminio en el agua y la Enfermedad de Alzheimer (IARC, 2002)

7.6. Cadmio

El cadmio puede ser encontrado mayoritariamente en la corteza terrestre, entra en el ambiente a través del suelo, porque es componente de estiércoles y pesticidas (Borrego, 2002)

Las vías naturales y antropogénicas de cadmio incluyen emisiones industriales; así como, la aplicación de fertilizantes y aguas residuales en sembríos (Torres, 2005)

Los fertilizantes producidos a partir de fosfatos constituyen una fuente de la difusión de la contaminación de cadmio, la solubilidad del cadmio en el agua es influenciada por el grado de acidez, los compuestos sedimentables o

suspendidos de cadmio pueden ser disueltos en un incremento de acidez (DIGESA, 2002)

7.7. Cobre

El cobre como componente de los minerales de la corteza terrestre, se encuentra fundamentalmente en forma de sulfuros de naturaleza simple, junto a otros metales, formando sulfuros complejos, aparece también como parte de carbonatos y silicatos hidratados (Seoáñez, 1999)

La principal fuente de contaminación con cobre, la constituye el uso excesivo o inapropiado de pesticidas y fungicidas (Torres, 2005)

El agua superficial que se contamina con cobre puede drenar hacia los acuíferos y aumentar el nivel de cobre en ellos y por consiguiente en las redes de agua potable domiciliarias (Arnal, 2010)

Las concentraciones de cobre en agua natural, dependen de propiedades tales como dureza, pH, concentración de aniones, concentración de oxígeno, temperatura y condiciones técnicas del sistema de distribución (DIGESA, 2002)

Desde hace más de una década se despertó el interés a nivel internacional por la posibilidad de que el cobre contenido en el agua en cantidades pequeñas, pudiera tener efectos tóxicos en el ser humano (Torres, 2005)

7.8. Cromo

El cromo se encuentra en la naturaleza casi exclusivamente en forma de compuestos; el mineral de cromo más importante es la cromita (cromoferrita, pirita crómica) (OMS, 2015)

Debido a su distribución en la naturaleza se puede afirmar que se encuentra en rocas, plantas, suelos, animales y en los humos y gases volcánicos (Lilia, 1997)

El cromo entra en el aire, agua y suelo a través de procesos naturales, como la intemperización de las rocas y por actividades humanas (Borrego, 2002)

Su presencia se debe de forma natural a las betas de minerales, con presencia de cromo y otros compuestos metálicos; su presencia en puntos de contaminación, como agentes de la interacción antrópica, en la utilización de pinturas, barnices, tintas y por la industria de protección de la madera (Seoáñez, 1999)

7.9. Hierro

El hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre, está presente en aguas dulces naturales en concentraciones de 0,5 a 50 mg/l; también puede haber hierro en el agua de consumo debido a la utilización de coagulantes de hierro o a la corrosión de tuberías de acero o hierro colado durante la conducción y/o distribución del agua (OMS, 2006)

Se halla formando parte de los diferentes minerales en forma soluble o insoluble, como los óxidos, sulfuros, carbonatos, silicatos, ferro-magnésicos, se descomponen mediante diferentes reacciones químicas (oxidación e hidrólisis), dando lugar a la liberación de cierta cantidad de fierro que precipita en forma de óxidos e hidróxidos (Seoáñez, 1999)

En forma de compuestos químicos, está distribuido por todo el mundo, los principales minerales de hierro son las hematites, otros minerales importantes son la goetita, la magnetita, la siderita y limonita; también existen pequeñas cantidades de hierro combinadas con aguas naturales y en las plantas (DIGESA, 2002)

La presencia de hierro en el agua provoca precipitaciones y coloración no deseada, además de generar problemas de sabor y turbidez (Orozco et al. 2008)

7.10. Plomo

El plomo, es un elemento tóxico no esencial, con capacidad de bioacumulación, afecta prácticamente a todos los órganos y/o sistemas del organismo humano (DIGESA, 2002)

La OMS (2010) manifiesta que la exposición ambiental del plomo, es un problema de salud pública a escala mundial, genera intoxicación y define en base a evidencias científicas que produce saturnismo.

Las aguas naturales contienen solamente trazas de plomo, la mayor fuente de plomo en el agua puede ser de origen industrial, minero y de descargas de hornos de fundición o de cañerías viejas de plomo (DIGESA, 2002)

Los alimentos son otra fuente de plomo; los cultivos, particularmente tubérculos y raíces comestibles (papa, rábano, camote, zanahoria) pueden contener cantidades importantes de plomo; estas cantidades se incrementan en los alimentos debido al uso de agua contaminada y herramientas que contienen plomo (DIGESA, 2002)

Los valores de concentración de plomo, que se acercan a los valores permisibles en época lluviosa, se deben al poder del agua como factor disolvente, el agua se torna turbia y puede contener partículas en suspensión que pueden ser detectadas por el equipo espectrofotómetro (Auge, 2006)

7.11. Zinc

El zinc, es una sustancia muy común en la naturaleza, el agua potable también contiene cierta cantidad de zinc, la cual puede ser mayor cuando es almacenada en tanques de metal (Barrenechea, 2015)

Las formas minerales más comunes del zinc son: sulfuros de zinc (SZn) (Seoáñez, 1999)

Las fuentes industriales o los emplazamientos para residuos tóxicos pueden ser la causa del zinc en el agua potable llegando a niveles que causan problemas (DIGESA, 2002)

La acumulación del zinc, puede incluso producir defectos de nacimiento, cuando sus madres han absorbido grandes cantidades de zinc (DIGESA, 2002)

El zinc le imparte un sabor astringente desagradable al agua, además de generar en elevadas concentraciones fitotoxicidad (Orozco et al. 2008)

7.12. Normativa aplicada para el desarrollo de la investigación

✓ **Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, D.S N° 031 – 2010 - SALUD**

El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano aprobado el 24 de septiembre del año 2010 en el que se norman los límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos para el agua de consumo humano:

Artículo 59°.- Agua apta para el consumo humano: Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento.

Artículo 62°.- Parámetros inorgánicos y orgánicos: Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos señalados en la Anexo III del presente Reglamento.

✓ **Organización Mundial de la Salud**

Es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial, su objetivo principal es alcanzar, para todos los pueblos, el mayor grado de salud, en un concepto de un completo bienestar físico, mental y social, y no solamente como la ausencia de afecciones o enfermedades, apoya y promueve las investigaciones sanitarias.

Tabla 1. Valores de comparación para el desarrollo de la presente investigación

Parámetro	Símbolo	Unidad de Medida	Valores Permisibles en la Legislación Peruana Vigente	
			D.S. N°031-2010-SA	OMS
Aluminio	Al	mg/L	0.2	0.2
Cobre	Cu	mg/L	2.0	2.0
Plomo	Pb	mg/L	0.01	0.01
Cadmio	Cd	mg/L	0.003	0.003
Hierro	Fe	mg/L	0.3	0.3
Cromo	Cr	mg/L	0.05	0.05
Zinc	Zn	mg/L	3	- *

* Valor no establecido en la normativa de la OMS

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

8.1.1. Área de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló y ejecutó en el departamento de Cajamarca, provincia de Celendín, distrito de Sucre, en el sector la Quintilla, tomando como puntos de muestreo al manantial la Quintilla y la línea de conducción del sistema de agua potable, ubicada entre las coordenadas UTM WGS 84 zona 17S: 816539E – 9 231629N a 2757 msnm.

Ver en Anexos:

Figura 29. Mapa de ubicación del área de estudio

Figura 30. Mapa de ubicación satelital del área de estudio

8.1.2. Ubicación geográfica

La base de datos del INEI, 2010; indica que la extensión territorial del distrito de Sucre es de 173,32 km², a una altura de 2638 msnm, cuyos límites son:

- ⇒ Por el Norte : Distrito de José Gálvez, Sorochuco y Huasmin.
- ⇒ Por el Oeste : Provincia de Cajamarca, distrito de La Encañada.
- ⇒ Por el Sur : Distrito de Oxamarca.
- ⇒ Por el Este : Jorge Chávez, Oxamarca.

8.1.3. Actividades productivas

Las actividades productivas principales enmarcadas en las zonas aledañas al área de estudio, son las actividad agrícolas y pecuarias que se sustenta en el uso del agua, producto de las precipitaciones en forma temporal (agricultura al seco) y de algunas fuentes de agua para regadío (agricultura bajo riego). Los cultivos de mayor importancia son el maíz, trigo, papa y la cebada; la actividad agropecuaria tiene un nivel moderado, con crianza de ganado vacuno y equino (ZEE, 2010)

8.1.4. Clima

En el distrito de Sucre, los meses más fríos son los de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril; presenciándose, en los tres últimos, fuertes lluvias. Los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre son soleados; presentando fuertes viento en el mes de agosto (ZEE – OT, 2010)

Las temperaturas presentes en el distrito son:

- ⇒ T° máxima : 20.10 °C
- ⇒ T° mínima : 6.70 °C
- ⇒ T° promedio : 13.60 °C

8.1.5. Suelo

La naturaleza de los suelos en la zona es muy variada, debido a las numerosas formaciones geológicas que se presentan, así tenemos areniscas, cuarcitas, calizas y cubierta arcillosa, con escombros de bloques de rocas (Poma y Alcántara, 2010)

La capacidad de uso mayor de las tierras se basa en las limitaciones permanentes de los suelos para poder mantener actividades agrícolas, pecuarias o forestales dentro de márgenes económicos, los factores que fijan estas limitaciones son las condiciones climáticas o bioclimáticas dominantes, los riesgos de erosión (condicionados por la topografía y pendiente), las características del suelo en si (propiedades físicas, morfología, salinidad, alcalinidad, fertilidad y otros aspectos propios que inciden en la productividad) y las condiciones de drenaje o humedad (presencia de niveles freáticos elevados, peligro de inundaciones, presencia de capas densas poco permeables en el subsuelo) (Alcántara, 2010)

En el distrito de Sucre podemos clasificar las tierras en:

- ⇒ Tierras aptas para cultivo en limpio.
- ⇒ Tierras aptas para cultivo permanente.
- ⇒ Tierras aptas para pastos.
- ⇒ Tierras de protección.

⇒ Tierras aptas para producción forestal.

8.1.6. Población

Según los datos del Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda - Datos actualizados a Julio de 2009 (INEI, 2009)

Tabla 2. Población urbana y rural del distrito de Sucre

Año del censo	Población total	Población Urbana	Población Rural
2005	5816	1188	4628
2007	5860	1122	4738

En la siguiente figura se muestra las vías de acceso al área de estudio (Manantial La Quintilla y línea de conducción del sistema de agua potable) partiendo desde la plaza de armas del distrito de Sucre.

Ver en anexos

Figura 31. Mapa de vías de acceso al área de estudio

8.2. MATERIALES

8.2.1. Material de campo

- Muestras de agua procedente del manantial La Quintilla y de la línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre.
- Multiparámetro marca: DELTA OHM, serie: 11036088hd98569
- GPS, marca Garmin, modelo: GPSmap76CSx
- Cámara fotográfica digital, marca Samsung, modelo: ST72
- Recipientes para la toma de muestras (Envases de plástico y vidrio)
- Agua destilada
- Balde
- Material cartográfica
- Guante de jebe descartable
- Mascarillas descartables

- Libreta de apuntes
- Etiquetas de identificación de muestras

8.2.2. Material y equipo de laboratorio

- Reactivos químicos: kits para determinar Metales Pesados: Pb, Cu, Cr, Fe, Cd, Zn, Al.
- Material de vidrio para análisis
- Espectrofotómetro, SPECTRONIV 20 D

8.2.3. Materiales y equipos de gabinete

- Memorias USB
- Laptop
- Base de datos de Sistemas de Información Geográfica
- Materiales de escritorio
- Impresora

8.3. METODOLOGÍA

Para la realización del presente trabajo de investigación, fue necesario definir una estrategia que permitió obtener las muestras de agua de manera homogénea y según lo establecido en el protocolo de monitoreo para fuentes de agua superficial y subterránea, propuesta por la Autoridad Nacional del Agua. Para ello fue necesario contar con el permiso y autorización de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento, encargada de la administración, operación y mantenimiento del sistema de agua potable del distrito capital de Sucre; la cual brindó todo el apoyo para la colecta de muestras con base a su propia calendarización preestablecida para otros fines (análisis bacteriológicos y fisicoquímicos del agua, entre otros).

Se verificó la disponibilidad de los equipos de análisis y de laboratorio de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental – Universidad Nacional de Cajamarca, con la finalidad de cumplir con la calendarización programada por la Junta Administradora de Agua y Saneamiento, y la programación de tomas de muestras; además se planificó la realización de

dos monitoreo con laboratorios acreditados como la DESA y Nkap, con la finalidad de contrastar los resultados obtenidos en el laboratorio de la EAPIAC y dar mayor aceptación y credibilidad a los mismos.

Establecido lo anterior, se tomó la decisión de muestrear durante un período de ocho meses (período de lluvia y período de estiaje) de la siguiente manera: 50% de muestreo en época de lluvia y 50% en época de estiaje; de tal forma que se programó el recojo de 03 muestras mensuales en los tres puntos de monitoreo establecidos, obteniendo un total de 72 muestras.

8.3.1. Método de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo no experimental, descriptivo y de diseño longitudinal de tendencia (Trend)

8.3.2. Población, muestra y unidad de análisis

- **Población:** Agua del Manantial La Quintilla y de la línea de Conducción del Sistema de Agua Potable del Distrito de Sucre.
- **Muestra:** 1 litro de agua proveniente del manantial La Quintilla (P1), 1 litro de agua proveniente de la primera cámara rompe presión de la línea de conducción (P2) y 1 litro de agua proveniente de la última cámara rompe presión de la línea de conducción, antes de la entrada al sistema de tratamiento de agua potable (P3).
- **Unidad de análisis:** Agua del Manantial La Quintilla y de la línea de Conducción del Sistema de Agua Potable.

8.3.3. Trabajo de campo

⇒ Selección de puntos de muestreo

Para el desarrollo y contrastación de la hipótesis, se establecieron tres puntos de monitoreo los cuales abarcaron al manantial La Quintilla y Línea de Conducción, el primer punto de monitoreo (P1) se ubicó en el mismo manantial, el segundo punto de monitoreo (P2) en la primera cámara rompe presión y el tercer punto de monitoreo (P3) en la última cámara rompe presión, antes de la entrada a la planta de tratamiento,

con la finalidad de determinar los niveles con concentración de metales pesados antes del ingreso a la Planta de Tratamiento de Agua Potable, para poder establecer recomendaciones de implementación de tratamiento de metales pesados.

Tabla 3. Ubicación de puntos de monitoreo

Punto de monitoreo	Descripción	Ubicación (Coordenadas UTM)		Altura (m.s.n.m)
P1	Manantial la Quintilla	816539 E	9231629 N	2757
P2	Cámara rompe presión 1	815667 E	9231018 N	2744
P3	Cámara rompe presión 2	815991 E	9231202 N	2738

⇒ **Selección de parámetros a monitorear**

En base a los antecedentes descritos, las características geológica, el nivel de exposición antropogénica y enmarcando a la delimitación del presente trabajo de investigación en el área de estudio (Puntos de monitoreo: P1, P2 y P3) acompañada del análisis de la normativa vigente para fuentes de aguas naturales destinadas a consumo humano (D.S N° 010-2010-SA) y la normativa propuesta por la OMS se estableció los parámetros básicos y necesarios para determinar la calidad inorgánica del agua según su fin de uso.

Los parámetros establecidos fueron: plomo (Pb), cadmio (Cd), hierro (Fe), cobre (Cu), cromo (Cr), aluminio (Al) y zinc (Zn).

Ver en Anexo

Figura 32. Mapa de ubicación de puntos de monitoreo

8.3.4. Trabajo de laboratorio

⇒ **Determinación de metales pesados**

- Método: Espectrofotometría.
- Calibración de los instrumentos.
 - Se ajustó el equipo de acuerdo a las indicaciones del manual.
 - Se verificó la sensibilidad del instrumento con las soluciones estándares de cada elemento, preparadas en las concentraciones marcadas en el manual de operaciones.
 - Se Ajustó el instrumento a cero con el blanco de calibración y soluciones estándares de menor a mayor concentración y se registró al menos tres réplicas de la absorbancia de cada uno.
 - Se elaboró una curva de calibración leyendo o registrando los estándares del elemento y graficando absorbancia o altura del pico en función de la concentración.
- Determinación
 - Se introdujo el blanco de reactivos, las muestras a analizar y se registró los valores de absorbancia. Se analizó al menos un blanco de reactivos con cada grupo de muestras.
- Expresión del resultado: mg/L

8.3.5. Trabajo de Gabinete

⇒ **Análisis de resultados**

Una vez obtenidos los resultados de laboratorio, se ordenó los datos en el software Microsoft Excel 2010, con la finalidad de identificar a través de tablas y gráficos los niveles de concentración de los mismos; una vez ordenados los datos se procedió a contrastar con los resultados de los laboratorios acreditados, para mayor confiabilidad de los mismos; luego se procedió a comparar estos datos con los valores establecidos por normativa (D.S N° 031-2010-SA) y la normativa internacional propuesta por la OMS.

IX. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados que se presentan a continuación, corresponden a los valores obtenidos de las muestras de agua recogidas y analizadas, según lo establecido en el presente estudio de investigación, realizadas en el laboratorio de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Cajamarca, sede Celendín.

9.1. Plomo

Tabla 4. Promedios mensuales de concentración de plomo comparados con la normativa vigente

ÉPOCA	PROMEDIOS MENSUALES DE PLOMO*								
	LLUVIOSA					ESTIAJE			
MES	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
Puntos de Monitoreo	P1	84.10	84.97	83.97	85.97	79.00	78.97	77.00	72.07
	P2	82.99	84.89	78.34	78.10	76.06	74.03	70.87	68.04
	P3	79.30	81.80	77.03	77.30	69.97	69.00	65.17	64.05
D.S N° 031-2010-SA** OMS**	Limite Permisible (x10 ⁻⁴)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

* Plomo, valores expresados en mg/L de Pb (x10⁻⁴)

** D.S N° 031-2010-SA y OMS, ambas normativas consideran para el parámetros Plomo, el mismo valor como límite permisible (0.01 mg/L)

Los valores obtenidos en el monitoreo de agua en los puntos establecidos para el parámetro plomo; comparada con la normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS), se encuentra dentro de los Límites Máximo Permisibles (0.01 mg/L).

Los valores más bajos obtenidos de plomo (0.006405 y 0.006517 mg/L) se evidencian en los meses de junio y julio, correspondientes a la época de estiaje

para el punto de monitoreo P3, los valores más altos obtenidos son (0.008410 y 0.008497 mg/L) en los meses de diciembre y enero, correspondientes a la época lluviosa, para el punto de monitoreo P1.

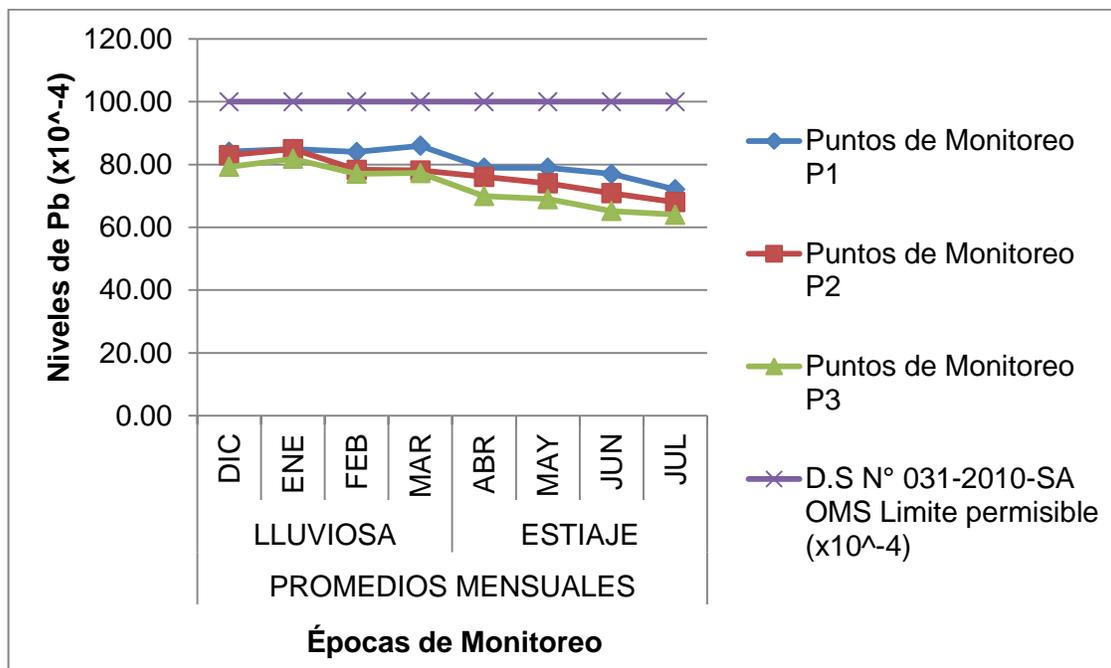


Figura 1. Valores promedios mensuales de plomo por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de la normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS)

La Figura 1. Valores promedios mensuales de plomo por punto de monitoreo vs valores permisibles; nos indica que los valores obtenidos de plomo, presentan una distribución cercana al valor permisible establecido en los Límites Máximos Permisibles de la normativa nacional (D.S N° 031-2010-SA) y de la normativa internacional propuesta por la OMS, en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, correspondientes a la época lluviosa, en los tres puntos de monitoreo (P1, P2 y P3).

En la época de estiaje, para los tres puntos de monitoreo establecidos (P1, P2 y P3), se evidencia una tendencia a decrecer la concentración del plomo en el agua, pudiendo deberse a que las precipitaciones disminuyen y por ende el poder erosivo del agua, evidenciándose que el agua no presenta turbidez.

La presencia de plomo en el agua, se puede deber a la disolución de los metales pesados presentes en el suelo, por los procesos de infiltración y geodinámica interna (Bricker y Jones 1995), asimismo por los procesos de mineralización que presentan las rocas a la exposición de los factores climáticos del medio ambiente (Orozco et al. 2008);

En presencia de condiciones desencadenantes (Por condiciones geológicas y antropogénicas), su presencia y concentración podría incrementarse (DGCA, 2010).

Los valores de concentración de plomo, que presentan una distribución cercana a los valores establecidos en Límites Máximos Permisibles, establecidos en la normativa nacional, como en la internacional – OMS; en época lluviosa, se pueden deber al poder del agua como factor disolvente, el agua se torna turbia y puede contener partículas en suspensión que pueden ser detectadas por el equipo espectrofotómetro (Auge, 2006)

Se recomienda la implementación de un estudio de prospección geológica y antrópica para determinar el origen de la presencia de metales pesados en el agua del manantial y la línea de conducción con la finalidad de poder identificar la relación de los procesos de concentración en la misma.

9.2. Cadmio

Tabla 5. Promedios mensuales de concentración de cadmio comparados con la normativa vigente

ÉPOCA		PROMEDIOS MENSUALES DE CADMIO*							
		LLUVIOSA				ESTIAJE			
MES		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Puntos de Monitoreo	P1	26.00	17.02	18.98	19.90	16.20	14.04	10.07	8.05
	P2	20.01	9.99	12.07	18.93	14.03	10.95	6.03	4.10
	P3	14.17	9.83	9.90	12.00	10.58	7.03	4.29	1.10
D.S N° 031-2010-SA** OMS**	Limite Permisible (x10 ⁻⁴)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00

* Cadmio, valores expresados en mg/L de cadmio (x10⁻⁴)

**D.S N° 031-2010-SA y OMS, ambas normativas consideran para el parámetros cadmio, el mismo valor como límite permisible (0.003mg/L)

Los valores obtenidos en el monitoreo de agua en los puntos establecidos para el parámetro cadmio; comparada con la normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA) y la normativa internacional propuesta por la OMS, se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos (0.003 mg/L).

El valor más bajo obtenido de cadmio (0.00011 mg/L) se evidencia en el mes de julio, correspondiente a la época de estiaje, para el punto de monitoreo P3; el valor más alto obtenido (0.00026 mg/L) en el mes de diciembre, correspondiente a la época lluviosa, para el punto de monitoreo P1.

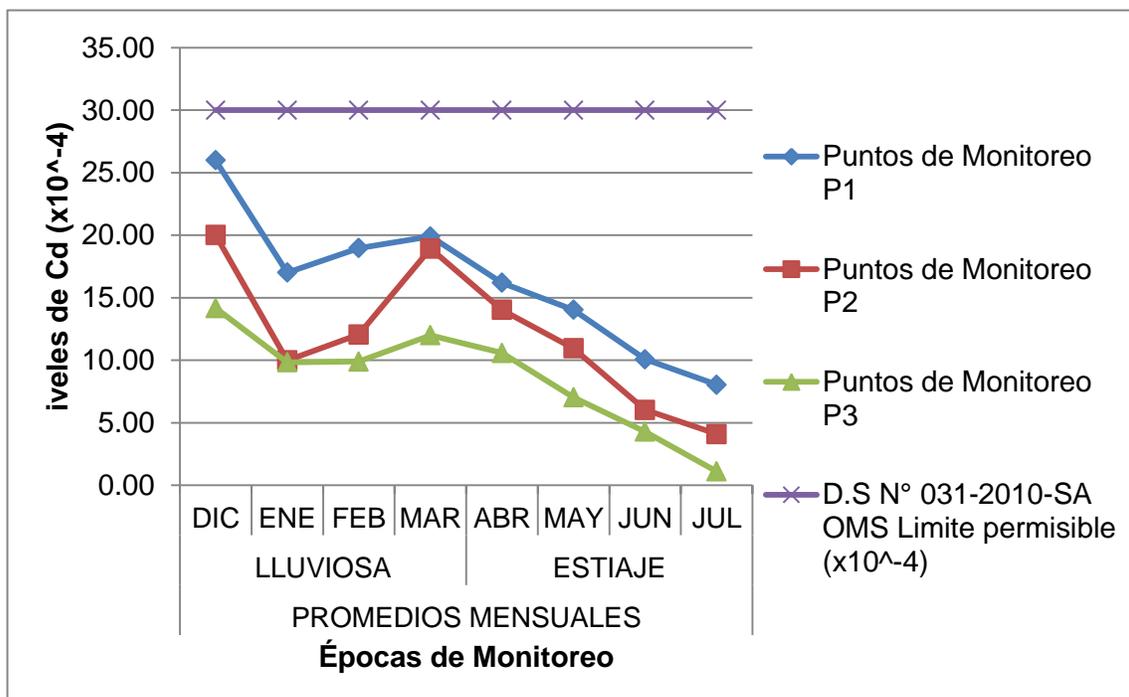


Figura 2. Valores promedios mensuales de cadmio por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS)

La Figura 02. Valores promedios mensuales obtenidos de cadmio vs valores permisibles; nos indica que los valores obtenidos de cadmio, tienen una distribución con tendencia a decrecer en los meses de enero y febrero correspondiente a la época lluviosa, en los tres puntos de monitoreo; luego una tendencia a incrementar en el mes de marzo, y en los meses de abril, mayo, junio y julio una tendencia a decrecer en su valor de concentración; esto pudiendo deberse al régimen variado de lluvia que se presentó en los meses establecidos para la presente investigación.

Al igual que el plomo, se debe recordar que en presencia de condiciones desencadenantes (Por condiciones geológicas y antropogénicas), su presencia y concentración podría incrementarse (DGCA, 2010).

Según datos de la Zonificación Ecológica y Económica de la región Cajamarca, 2010; que en el área circundante al manantial y al sistema de agua potable, se

realizan actividades agrarias de nivel moderado (Siembra de cultivos de papa, maíz, oca, olluco y arvejas) y pecuarias en la misma intensidad (Pastoreo de animales vacunos y equinos); pudiendo incrementar la presencia de algunos componentes metálicos como cadmio, por la utilización y disposición de productos agroquímicos, además de introducirse a través de las excretas de animales en el área de influencia del estudio de investigación (Borrego, 2002)

9.3. Hierro

Tabla 6. Promedios mensuales de concentración de hierro comparados con la normativa

ÉPOCA		PROMEDIOS MENSUALES DE HIERRO*							
		LLUVIOSA				ESTIAJE			
MES		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Puntos de Monitoreo	P1	38.03	33.96	40.04	39.37	32.96	29.07	23.97	19.99
	P2	42.05	28.70	32.06	30.55	25.23	20.77	15.03	14.87
	P3	31.77	20.03	26.93	21.06	19.00	13.30	10.13	9.85
D.S N° 031-2010-SA** OMS**	Limite Permissible (x10 ⁻⁴)	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00

* Hierro, valores expresados en mg/L de hierro (x10⁻⁴)

**D.S N° 031-2010-SA y OMS, ambas normativas consideran para el parámetros hierro, el mismo valor como límite permisible (0.3mg/L)

Los valores obtenidos en el monitoreo de agua en los puntos establecidos para el parámetro hierro; comparada con la normativa nacional vigente (D.S N° 031-2010-SA) y con la propuesta de la OMS; se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos (0.3 mg/L).

El valor de concentración más bajo de hierro obtenido (0.000985 mg/L), se presencia en el mes de julio correspondiente a la época de estiaje, para el punto de monitoreo P3; el valor más alto obtenido (0.004205 mg/L), se presencia en el mes de diciembre, en la época de estiaje, en el punto de monitoreo P2

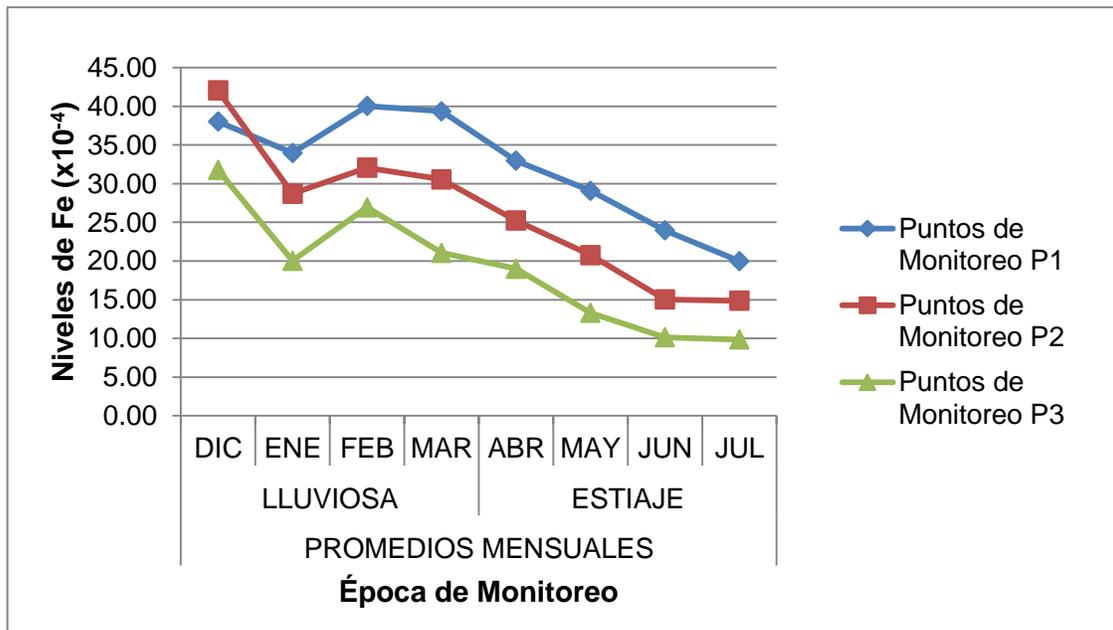


Figura 3. Valores promedios mensuales de hierro por punto de monitoreo

La Figura 03. Valores de promedios mensuales de hierro; refleja la tendencia a decrecer, que presentan los valores de concentración de hierro, en los tres puntos de monitoreo establecidos a partir del mes de abril, correspondientes a la época de estiaje.

Su presencia puede deberse, a que el hierro presenta una distribución abundante en la corteza terrestre, además de estar presente en concentraciones pequeñas entre 0,5 a 50 mg/L en aguas dulces naturales (OMS, 2006).

Su distribución, en los meses considerados como época lluviosa se mantiene en valores con distribución semejante, pudiendo deberse a los procesos que aumentan su concentración en el agua subterránea a partir de procesos

naturales de degradación, erosión y oxidación causados por el ciclo hidrológico (Bricker y Jones 1995).

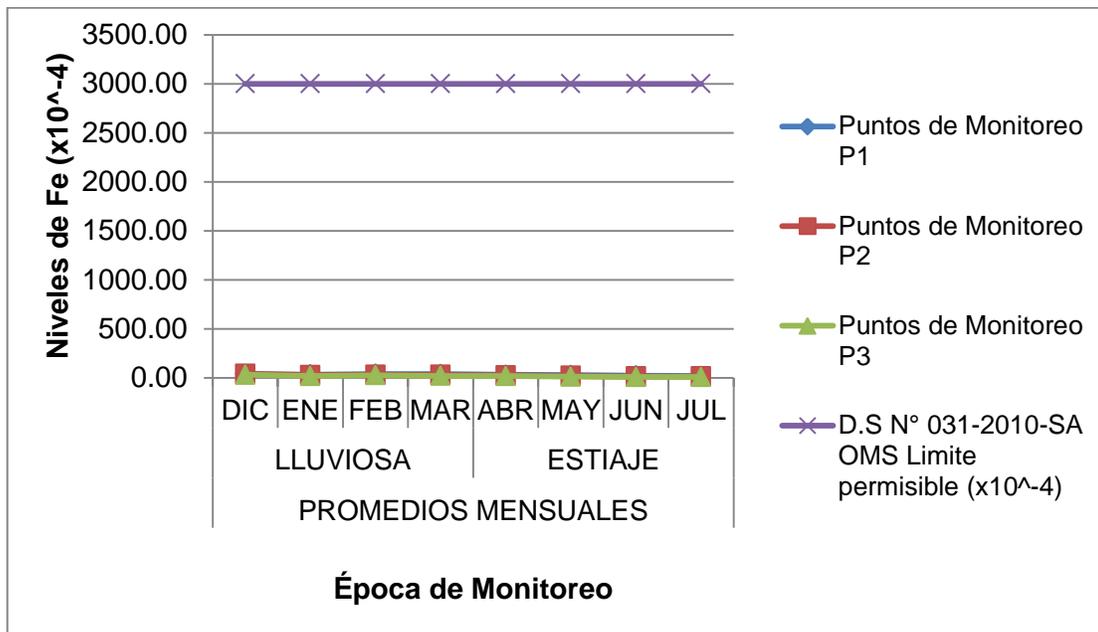


Figura 4. Valores promedios mensuales de hierro por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS)

De la Figura 04. Valores promedios mensuales obtenidos de hierro vs valores permisibles; se infiere que entre los valores obtenidos y los valores de referencia utilizados para la comparación (Normativa nacional e internacional), existe una distribución no significativa y distante (los valores obtenidos no se aproximan a los valores de comparación).

Las aguas subterráneas tienen mayores concentraciones de hierro ya que la materia orgánica del suelo absorbe el oxígeno disuelto del agua, normalmente las aguas con gran carga orgánica suelen tener más hierro produciéndose así asociaciones y complejos entre ellos cuya eliminación y potabilización puede ser problemática (Valencia, 2016)

Al igual que el plomo y el cadmio; se debe recordar que en presencia de condiciones desencadenantes (Por condiciones geológicas y antropogénicas), su presencia y concentración podría incrementarse (DGCA, 2010)

9.4. Cobre

Tabla 7. Promedios mensuales de concentración de cobre comparados con la normativa vigente

		PROMEDIOS MENSUALES DE COBRE*							
ÉPOCA		LLUVIOSA				ESTIAJE			
MES		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Puntos de Monitoreo	P1	15.62	21.97	31.02	32.00	20.00	12.03	10.03	10.07
	P2	8.03	15.07	17.90	30.33	12.03	7.93	8.00	6.02
	P3	8.07	14.03	16.00	31.47	5.90	4.10	1.17	1.33
D.S N° 031-2010-SA** OMS**	Limite Permissible (x10⁻⁴)	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00

* Cobre, valores expresados en mg/L de Cu (x10⁻⁴)

** D.S N° 031-2010-SA y OMS, ambas normativas consideran para el parámetros cobre, el mismo valor como límite permisible (2.0 mg/L).

Los valores obtenidos en el monitoreo de agua en los puntos establecidos para el parámetro cobre; comparada con la normativa vigente para agua destinada a uso de consumo poblacional (D.S N° 031-2010-SA y OMS), se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa nacional e internacional – OMS (2.0 mg/L).

Los valores más bajos obtenidos (0.000117 y 0.000133 mg/L) se evidencian en los meses de junio y julio, correspondientes a la época de estiaje, para el punto de monitoreo P3, los valores más altos obtenidos son (0.003102 y 0.0032 mg/L) en los meses de febrero y marzo, correspondientes a la época lluviosa, para el punto de monitoreo P1.

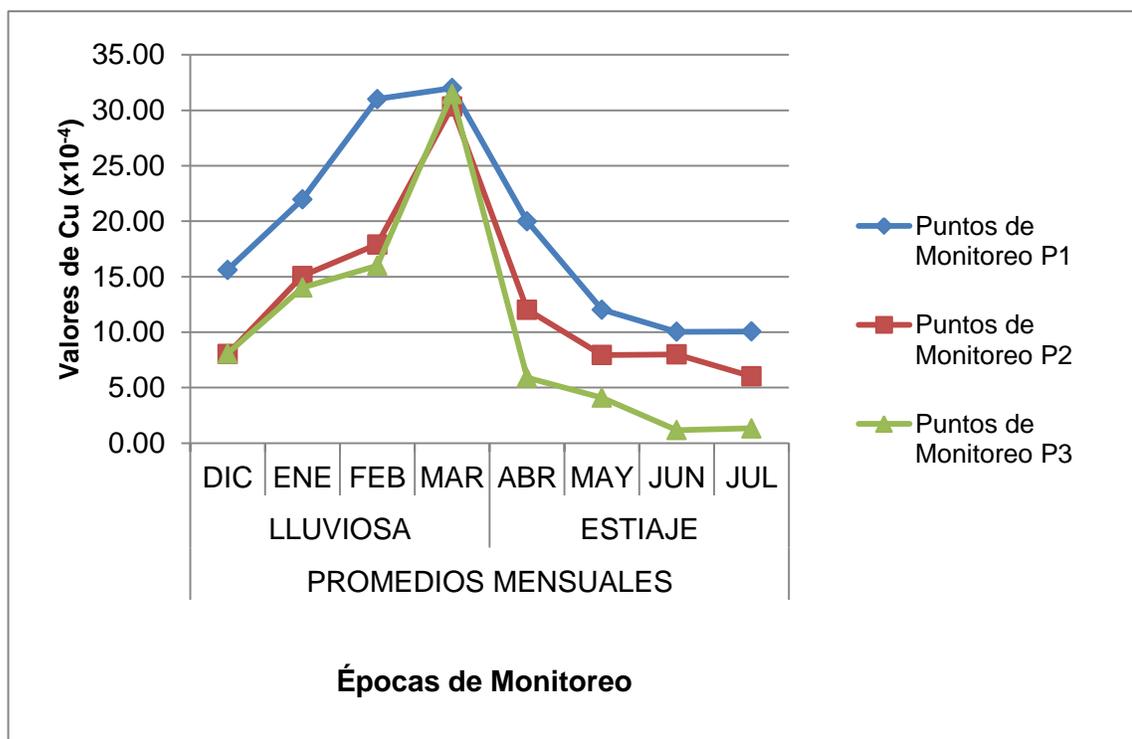


Figura 5. Valores promedios mensuales de cobre por punto de monitoreo

De la Figura 05. Valores promedios mensuales de cobre, se puede evidenciar que en el mes de marzo para los tres puntos de monitoreo establecidos, el valor de concentración de cobre, presenta una distribución semejante y próxima a un mismo valor (Entre 0.003 mg/L, 0.0031 mg/L y 0.0032 mg/L), esto pudiendo deberse a que la presencia de mayor precipitación en el tiempo establecido para la presente investigación, tuvo lugar en el mes de marzo (SENAMHI, 2015)

La presencia del cobre contenido en el agua en cantidades pequeñas, despierta el interés a nivel internacional por la posibilidad de que pudiera tener efectos tóxicos en el ser humano (Torres, 2005)

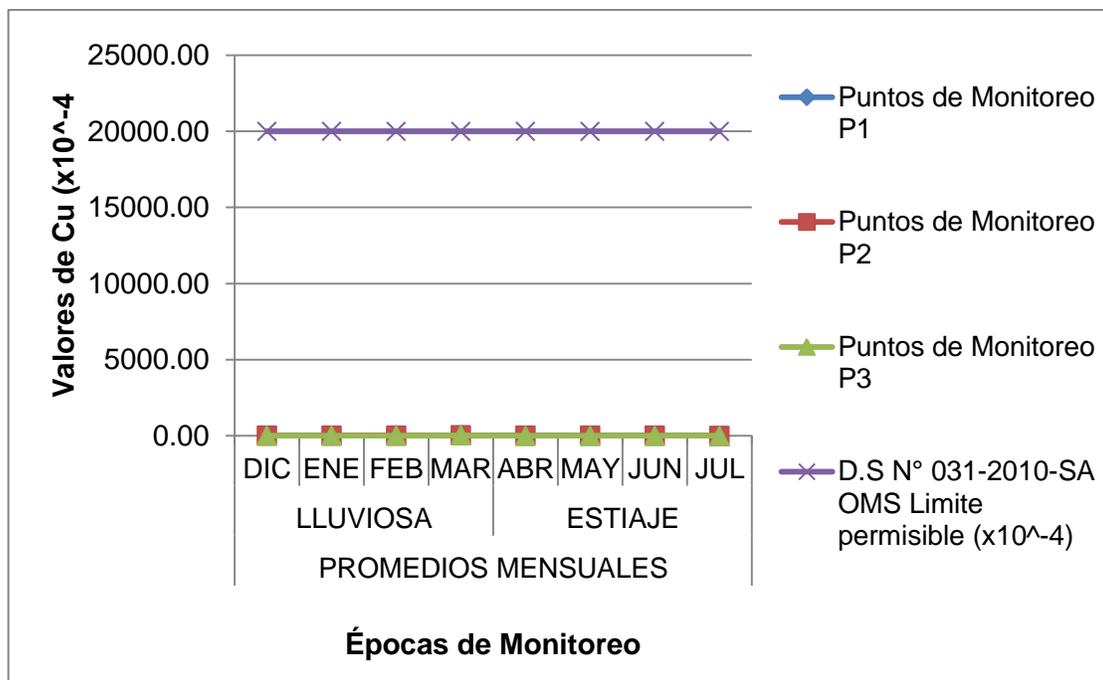


Figura 6. Valores promedios mensuales de cobre por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS)

La Figura 06. Valores promedios mensuales obtenidos de cobre vs valores permisibles, nos indica que los valores obtenidos de cobre distan del valor referenciado como valor permisible; al igual que el plomo, cadmio y hierro, se debe recordar que en presencia de condiciones desencadenantes (Por condiciones geológicas y antropogénicas), su presencia y concentración podría incrementarse (DGCA, 2010).

Su concentración varía según la época de monitoreo, presenciándose un valor mayor en la época lluviosa, pudiéndose deber a la disolución y procesos de infiltración del suelo, su presencia se puede deber a los procesos de infiltración y geodinámica interna (Rojas, 2002), además del uso inapropiado de pesticidas y fungicidas (Torres, 2005), que pueden ser drenados hacia los acuíferos y aumentar el nivel de cobre en ellos y por consiguiente en las redes de agua potable (Arnal, 2010)

9.5. Cromo

Tabla 8. Promedios mensuales de concentración de cromo comparados con la normativa vigente

ÉPOCA		PROMEDIOS MENSUALES DE CROMO*							
		LLUVIOSA				ESTIAJE			
MES		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Puntos de Monitoreo	P1	27.03	32.20	37.85	30.60	20.30	19.23	15.97	13.97
	P2	20.08	25.07	30.34	30.00	14.80	10.67	8.12	5.30
	P3	14.03	23.90	28.03	24.10	6.07	6.17	1.03	2.17
D.S N° 031-2010-SA** OMS**	Limite permisible (x10 ⁻⁴)	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00

* Cromo, valores expresados en mg/L de cromo (x10⁻⁴)

** D.S N° 031-2010-SA y OMS, ambas normativas consideran para el parámetros cromo, el mismo valor como límite permisible (0.05mg/L)

Los valores obtenidos en el monitoreo de agua en los puntos establecidos para el parámetro cromo; comparada con la normativa vigente para consumo de agua poblacional (D.S N° 031-2010-SA) y normativa internacional de la OMS, se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos (0.05 mg/L).

El valor de concentración de cromo más bajo obtenido (0.000103 mg/L), se presencia en el mes de junio, correspondiente a la época de estiaje, para el punto de monitoreo P3; el valor más alto obtenido (0.003785 mg/L), se presencia en el mes de febrero, correspondiente a la época lluviosa, en el punto de monitoreo P2.

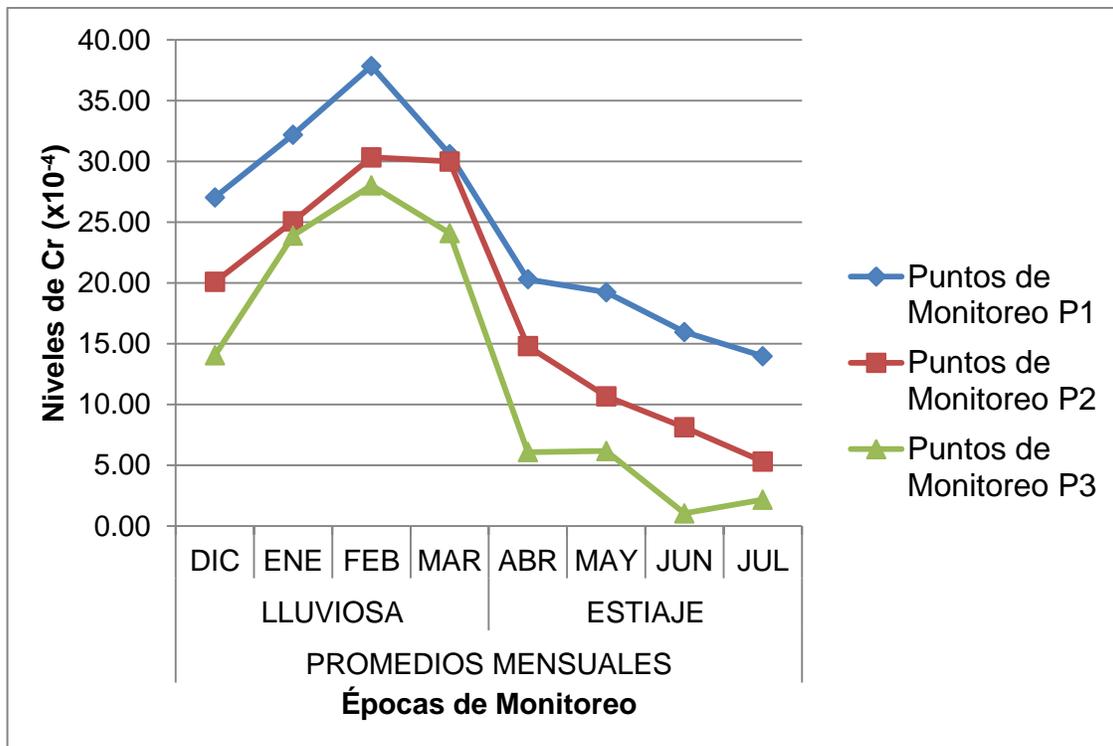


Figura 7. Valores promedios mensuales de cromo por punto de monitoreo

La Figura 07. Valores de promedios mensuales de cromo, refleja la tendencia a incrementarse que presenta el cromo en los meses de diciembre, enero y febrero (Época lluviosa), y tendencia a decrecer los valores de concentración para los tres puntos de monitoreo a partir del mes de abril, correspondiente a la época de estiaje.

Los valores de concentración no presentan diferencia significativa en cuanto a sus valores de concentración, puesto que no exceden los valores establecidos en los Límites Máximos Permisibles.

La presencia de estos valores de concentración de cromo en el agua del manantial la Quintilla y línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre – Celendín, pueden deberse a que la distribución del cromo en la naturaleza está presente en rocas, plantas, suelos y animales (Lilia, 1997); pudiendo esto introducir mínimas cantidades al suelo y al agua contaminantes como el cromo, que aunque en concentraciones no elevadas causan daños al ambiente y a la salud humana.

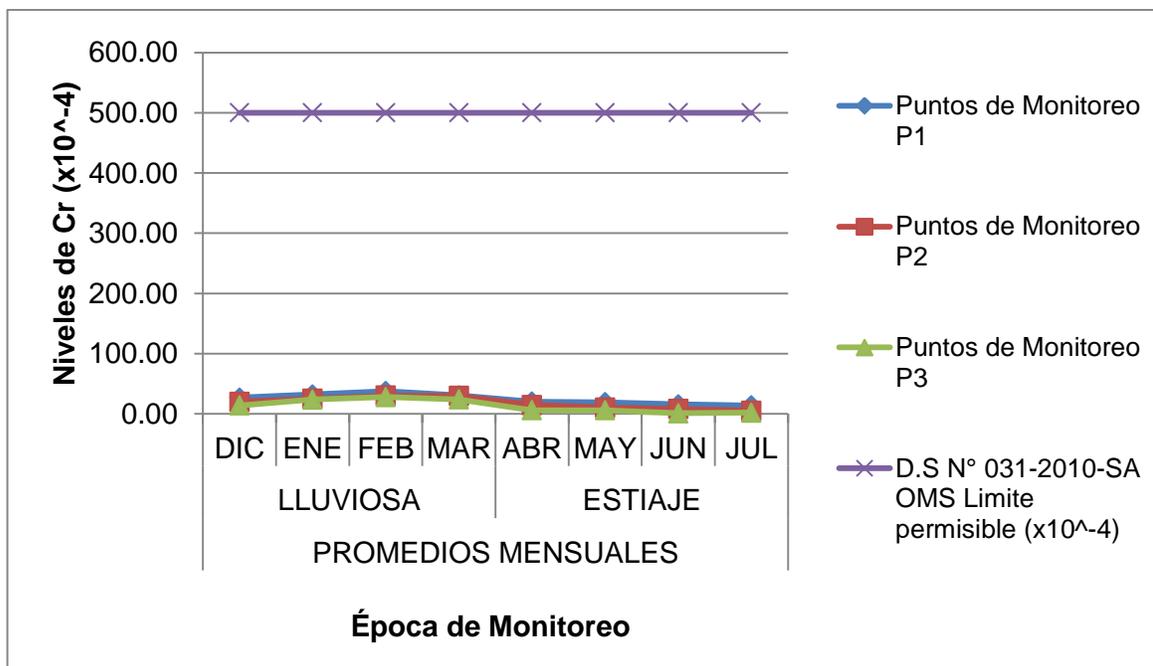


Figura 8. Valores promedios mensuales de cromo por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS)

De la Figura 08. Valores promedios mensuales obtenidos de cromo vs valores permisibles; se infiere que los valores obtenidos en los monitoreos para los tres puntos establecidos, presentan una distribución distante a los valores establecidos en la normativa.

Al igual que el plomo, cadmio, hierro y cobre; se debe recordar que en presencia de condiciones desencadenantes (Por condiciones geológicas y antropogénicas), su presencia y concentración podría incrementarse (DGCA, 2010)

Su presencia en época lluviosa puede deberse a los procesos de infiltración del cromo como contaminante en el suelo, por acción de los procesos de erosión, oxidación y disolución de componentes presentes en rocas y suelo, por acción de la presencia del agua (Seoáñez, 1999)

9.6. Aluminio

Tabla 9. Promedios mensuales de concentración de aluminio comparados con la normativa vigente

Época	PROMEDIOS MENSUALES DE ALUMINIO*									
	Mes	LLUVIOSA					ESTIAJE			
		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
Puntos de Monitoreo	P1	52.62	39.67	49.23	51.97	43.90	46.83	35.63	35.27	
	P2	51.36	33.33	43.25	45.43	37.26	30.29	30.13	29.97	
	P3	50.11	30.11	45.85	39.94	36.10	29.50	28.50	28.35	
D.S N° 031-2010-SA** OMS**	Limite permisible (x10 ⁻⁴)	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	

* Aluminio, valores expresados en mg/L de Al (x10⁻⁴)

**D.S N° 031-2010-SA y OMS, ambas normativas consideran para el parámetros aluminio, el mismo valor como límite permisible (0.2 mg/L).

Los valores de concentración, en los puntos establecidos para el parámetro aluminio (Al); comparada con la normativa nacional vigente para agua de consumo humano (D.S N° 031-2010-SA) y la normativa internacional (OMS), se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos (0.2 mg/L).

Según los datos obtenidos en el monitoreo como valores promedios mensuales, los valores más bajos de concentración de aluminio (0.00295 mg/L y 0.00285 mg/L) se presencian en los meses de mayo y junio, correspondientes a la época de estiaje para el punto de monitoreo P3. En el caso de las concentraciones más elevadas (0.005011, 0.005136 y 0.005262 mg/L), se obtienen en el mes de diciembre, correspondiente a la época lluviosa, para los

tres puntos de monitoreo (P1, P2 y P3), además de la concentración (0.005197 mg/L) en el mes de marzo para el punto de monitoreo P1.

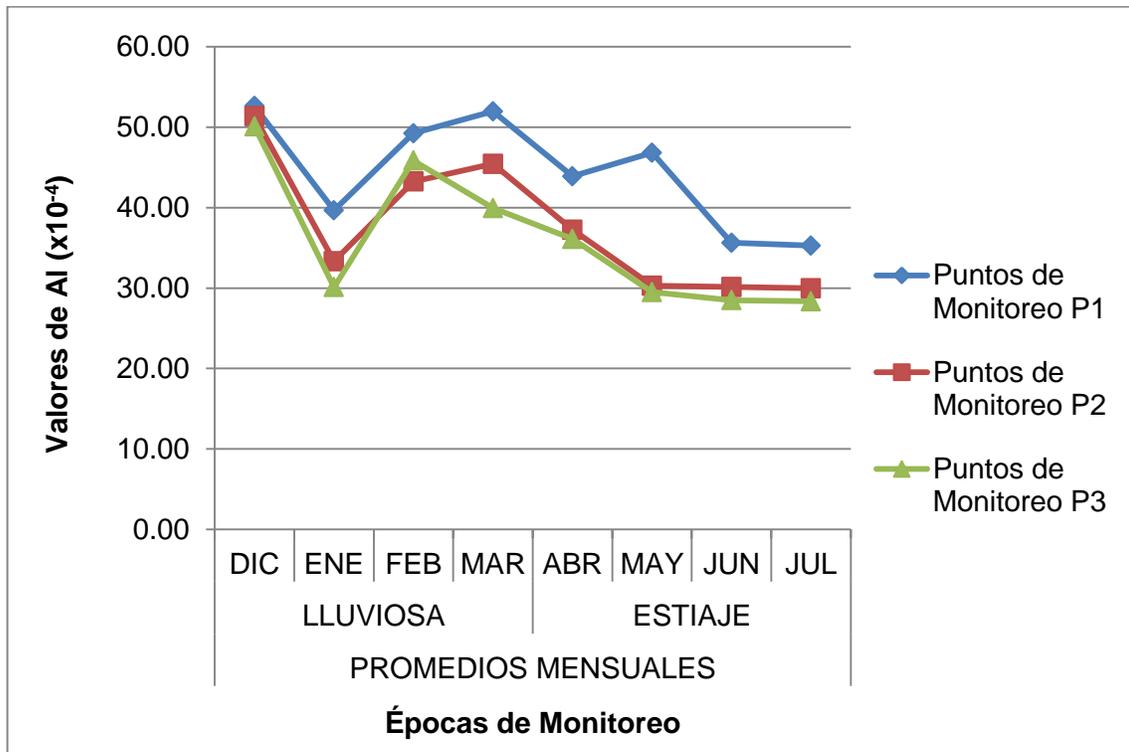


Figura 9. Valores promedios mensuales de aluminio por punto de monitoreo

De la figura 9. Valores promedios mensuales de aluminio por punto de monitoreo, se puede inferir que los valores de concentración a diferencia de los demás metales pesados establecidos en la presente investigación, presentan una distribución no uniforme. Los valores de concentración para el punto de monitoreo P1, presenta una tendencia continua a disminuir y a incrementarse, en los meses de junio y julio presenta una tendencia a mantenerse en sus valores más bajos (0.00314 y 0.00312 mg/L).

Las concentraciones de aluminio en los puntos de monitoreo P2 y P3, presentan una ligera distribución y tendencia a disminuir en época de estiaje, pudiendo deberse a la disminución de contacto que ejerce el agua en el suelo, además del periodo de tiempo y recorrido a través de la línea de conducción (Marzal, 2001) que puede llegar hacer precipitar al metal pesado.

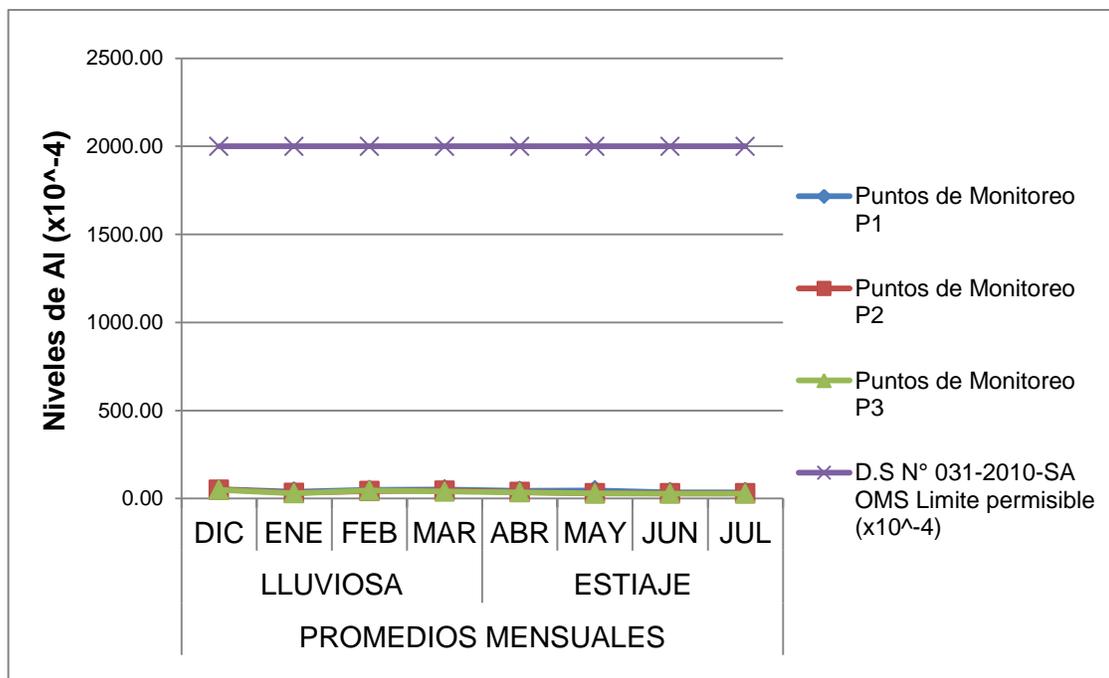


Figura 10. Valores promedios mensuales de aluminio por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA y OMS)

La Figura 10. Valores mensuales promedios obtenidos de aluminio vs valores permisibles; nos muestra que los valores obtenidos no exceden el valor permisible establecido, su distribución y presencia es mínima, pero debemos recordar que al estar presentes, pueden con el tiempo y con interacción de factores desencadenantes presenciarse de manera concentrada y elevada.

El aluminio es un componente natural de las aguas superficiales y subterráneas (Orozco et al, 2003), considerado como el elemento metálico más abundante y constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre (Seoáñez, 1999)

Su presencia puede deberse a los procesos de lixiviación del suelo y de las rocas; el tipo de suelo que enmarca al área de influencia del presente estudio de investigación, es de tipo calcáreo (65%); permitiendo por sus características de infiltración y procesos de sedimentación la inclusión de minerales al agua del manantial. También se puede evidenciar un suelo de tipo arcilloso (20%), y

con material de arena (15%), que va estar relacionada con la presencia de silicatos y aluminio hidratado.

Los datos recabados del Centro de Salud-Sucre, señalan que las enfermedades más frecuentes y con mayor número de atenciones, en el año 2013, las enfermedades del sistema nervioso relacionadas a la exposición de metales pesados como el aluminio representan el 0.1% de las enfermedades atendidas. Para el año 2014, el reporte de las enfermedades asociadas al sistema nervioso aumenta a un 2.9% del total de enfermedades obtenidas.

9.7. Zinc

Tabla 10. Promedios mensuales de concentración de zinc comparados con la normativa vigente

ÉPOCA		PROMEDIOS MENSUALES DE ZINC*							
		LLUVIOSA				ESTIAJE			
		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Puntos de Monitoreo	P1	70.06	72.03	75.00	74.05	60.08	60.02	59.00	54.47
	P2	67.94	67.47	68.80	70.64	51.80	51.67	48.80	49.07
	P3	65.57	60.06	61.80	62.00	50.67	49.87	44.00	41.64
D.S N° 031-2010-SA** OMS***	Limite permisible (x10 ⁻⁴)	30000.00	30000.00	30000.00	30000.00	30000.00	30000.00	30000.00	30000.00

* Zinc, valores expresados en mg/L de zinc (x10⁻⁴)

**D.S N° 031-2010-SA, valor como límite permisible (3.0 mg/L)

***OMS, no indica ningún valor para este parámetro.

Los valores obtenidos en el monitoreo de agua en los puntos establecidos para el parámetro zinc; comparada con la normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA) se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos (3 mg/L).

El valor de concentración de zinc más bajo obtenido (0.0044 mg/L), se presencia en el mes de junio para el punto de monitoreo P2; el valor más alto obtenido (0.0075 mg/L), se presencia en el mes de febrero, correspondiente a la época lluviosa, en el punto de monitoreo P1.

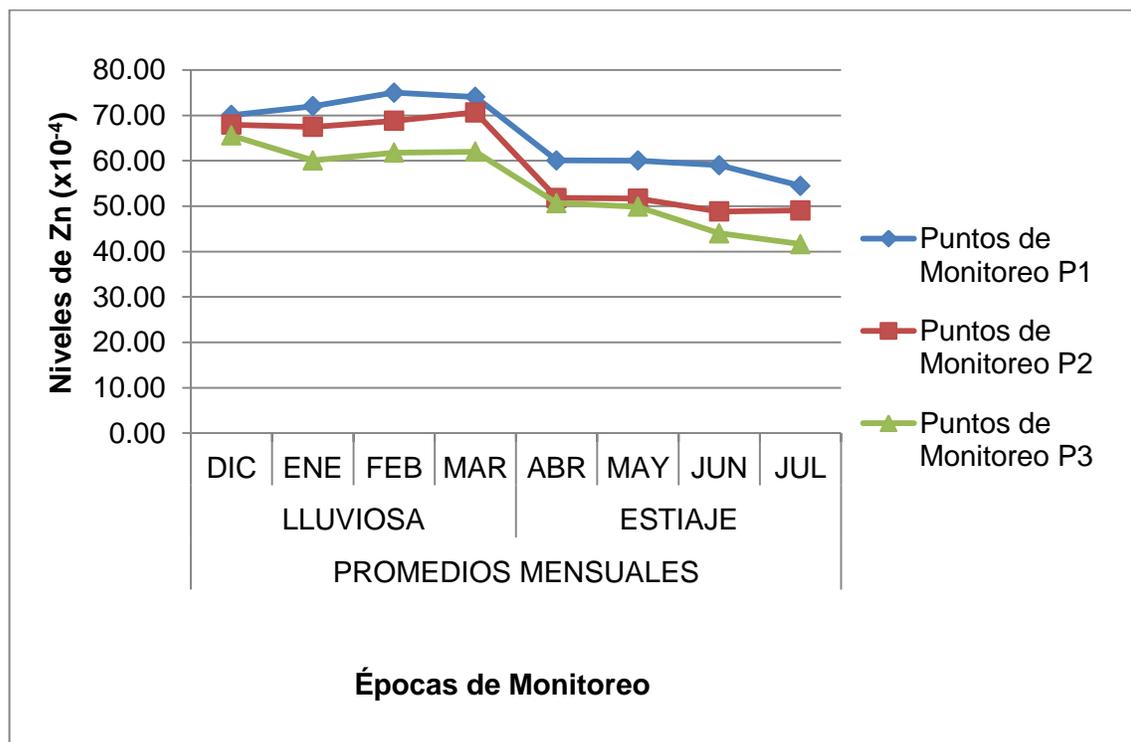


Figura 11. Valores promedios mensuales de zinc por punto de monitoreo

De la Figura 11. Valores de promedios mensuales de zinc por punto de monitoreo, refleja la tendencia a mantenerse estable en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo (Época lluviosa), y tendencia a decrecer los valores de concentración de zinc para los tres puntos de monitoreo a partir del mes de abril (Época de estiaje), manteniéndose estables.

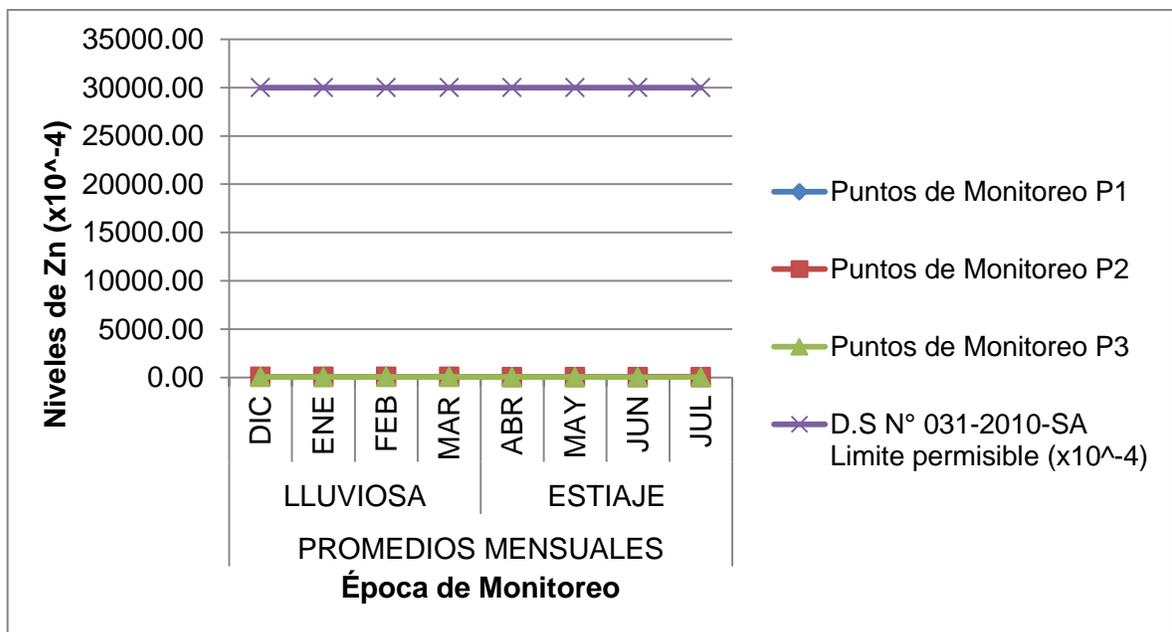


Figura 12. Valores promedios mensuales de zinc por punto de monitoreo, comparados con los valores permisibles de normativa vigente (D.S N° 031-2010-SA)

De la Figura 12. Valores promedios mensuales obtenidos de zinc vs valores permisibles; se infiere que la diferencia entre los valores obtenidos en los monitoreos para los tres puntos establecidos y el valor permisible es distante, no acercándose ni sobre pasando los valores de concentración establecidos.

Al igual que el plomo, cadmio, hierro, cobre, cromo y aluminio; se debe recordar que en presencia de condiciones desencadenantes (Por condiciones geológicas y antropogénicas), su presencia y concentración podría incrementarse (DGCA, 2010)

Su presencia puede deberse a los procesos de geodinámica interna del suelo en relación a la fase de disolución en el manantial y línea de conducción del sistema de agua potable, esto puede generar un aumento en el valor de concentración de zinc en época lluviosa; además de ser el zinc una sustancia muy común en la naturaleza, el agua potable también contiene cierta cantidad de zinc (Barrenechea, 2015)

Los valores de concentración de los metales pesados analizados en el presente estudio de investigación, presentan una distribución con tendencia a disminuir sus valores de concentración en los meses de abril, mayo, junio y julio, correspondientes a la época de estiaje; pudiendo deberse a que los metales pesados en un espacio de recorrido considerado como tiempo de retención, precipita; formado sedimentos (Marzal, 2001) que deberían ser considerados dentro de nuevos estudios de investigación.

La tendencia que presentan los metales pesados a incrementar sus valores de concentración, en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, correspondientes a la época lluviosa, se puede deber a que las aguas subterráneas pueden tener concentraciones de metales pesados por los procesos naturales de degradación, erosión, oxidación causados por el ciclo hidrológico, además de los procesos de infiltración y lixiviación (Bricker y Jones 1995)

La presente investigación deja en manifiesto que las concentraciones de metales pesados obtenidos, no presentan una distribución cercana, ni sobrepasan los valores de concentración establecidos en la normativa vigente para agua destinada a uso poblacional (D.S N° 031-2010-SA y OMS); los valores obtenidos evidencian una tendencia general a que $P1 > P2 > P3$, esto debido a que el P1 se ubica en el mismo manantial la Quintilla, y esta a su vez presenta mayor exposición frente a los procesos de disolución e infiltraciones que ejerce el agua en el suelo (Rojas, 2002), las concentraciones de metales pesados varía según la época de monitoreo, presenciándose un valor mayor en la época lluviosa, pudiéndose deber a la disolución y procesos de infiltración del suelo, además del uso inapropiado de pesticidas y fungicidas (Torres, 2005), que pueden ser drenados hacia los acuíferos y aumentar el nivel de estos componentes (Arnal, 2010). P2 y P3, ubicados en la línea de conducción del sistema de agua potable, presenta concentraciones mínimas de metales pesados, pudiendo deberse a la mínima exposición en época de estiaje.

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. Conclusiones

10.1.1. La concentración de metales pesados (Pb, Cd, Fe, Cu, Cr, Al, Zn) en el agua del manantial la Quintilla y línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre – Celendín; en época de estiaje, presentan una distribución con tendencia a disminuir, comparado con los valores de concentración inicial del mes de diciembre de la época lluviosa, donde la concentración de metales pesados mantiene una distribución con tendencia ligera a incrementarse, acercándose a los valores establecidos en los Límites máximos Permisibles.

10.1.2. Al comparar los resultados obtenidos, con el Reglamento de calidad del agua para consumo humano (D.S N° 031-2010-SA) y con la normativa de la Organización Mundial de la Salud; se determina que el agua del manantial la Quintilla y línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre – Celendín, no sobre pasan los valores establecidos en la normativa.

10.2. Recomendaciones

10.2.1. En futuros estudios de investigación que se planteen ejecutar en el manantial la Quintilla y/o línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre, para la determinación de metales pesados; se debe de planificar un estudio fisicoquímico para evaluar la presencia y concentración de:

- Carbonatos, silicatos hidratados y sulfuros, que son formas de presencia del cobre en el agua.
- Óxidos e hidróxidos, que son producto de la precipitación del hierro en reacciones químicas de oxidación e hidrólisis.

- Sulfuro de zinc (SZn) y carbonato de zinc (CO₃Zn), que son formas minerales del Zinc.
- 10.2.2. Realizar un estudio de determinación de los metales pesados considerados en la presente investigación, cuando se presencie la mayor concentración de la turbidez; puesto que, la época lluviosa enmarcada para la evaluación de los mismos, se vio afectada por las variaciones climáticas (influyendo en la disminución de presencia e intensidad de las lluvias).
 - 10.2.3. Realizar un estudio de investigación de presencia de metales pesados en el suelo de áreas colindante, su repercusión y proceso de contaminación de agua del manantial La Quintilla, línea de conducción o todo el sistema de agua potable
 - 10.2.4. Con la finalidad de mejorar la aceptabilidad de los resultados e impulsar los estudios de investigación en la determinación de metales pesados en agua, es necesario la implementación de un espectrofotómetro de absorción atómica por parte de la Universidad Nacional de Cajamarca, en la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental.
 - 10.2.5. Actualmente existe por parte de tesista de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, el desarrollo y ejecución de proyectos de investigación en la determinación de parámetros biológicos y fisicoquímicos como indicadores de la calidad de agua del manantial La Quintilla y del sistema de agua potable; lo cual para mejorar la integridad de los trabajos, como resultados finales e interpretación de los mismos, se deberían de analizar y evaluar los resultados en su conjunto para la determinación de su relación en su presencia y concentración.
 - 10.2.6. Implementar de manera precisa y con mayor énfasis el estudio de prospección geológica y antrópica, como mecanismo de

identificación de puntos de contaminación del agua subterránea por acción de las características geodinámicas del suelo, interacción hídrica del suelo en el intercambio catiónico y por los procesos de adición de contaminantes en la utilización de productos químicos, disposición de residuos sólidos peligrosos (Baterías y pilas) e instalación de letrinas (sin el estudio de las condiciones de infiltración del suelo).

- 10.2.7. Para la realización de un nuevo estudio y/o proyecto de investigación científica, se recomienda investigar sobre sistemas de tratamiento de metales pesados que formen parte del tratamiento de agua potable, como base a los estudios de la concentración de los mismos, con la finalidad de implementar el sistema de tratamiento de pre oxidación.
- 10.2.8. Realizar repeticiones anuales de monitoreo en determinación de metales pesados, con la finalidad de tener un registro de su presencia y sus niveles de concentración, y que sirva como base de comparación los resultados de la presente investigación.
- 10.2.9. Realizar un estudio hidrogeológico con la finalidad de identificar el área de recarga hídrica del manantial La Quintilla.
- 10.2.10. Se recomienda la implementación de estudios en la determinación nitritos y nitratos en el manantial La Quintilla, que son relativos a la presencia de metales pesados.

XI. BIBLIOGRAFIA

AEA (Asociación española del aluminio. ES). 2008. Aluminio y salud. (En línea). Consultado 18 abr. 2015. Disponible en: <http://www.asoc-aluminio.es/support/pdf/aluminio-agua-potable.pdf>

Alcántara Boñón, GH. 2010. Pendiente de los Suelos del Departamento de Cajamarca. (en línea). Consultado el 15 de junio de 2015. Disponible en: <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/Pendiente.pdf>

Aramburo Vélez, DA. 2011. Investigación preliminar de conceptos básicos y fundamentos a utilizar en el laboratorio de crudos y aguas. (En línea). Consultado el 15 de junio de 2015. Disponible en: <http://es.slideshare.net/daramburov/trabajo-investigativo-n5>

Arnal, N. 2010. Intoxicación por cobre. Efectos sobre la composición lipídica y el sistema de defensa antioxidante. (En línea). Consultado 15 abr. 2015. Disponible en: <http://www.postgradofcm.edu.ar/ProduccionCientifica/TesisDoctorales/18.pdf>

Auge. M, 2006. Agua subterránea deterioro de calidad y reserva. Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias Geológicas. Cátedra de Hidrogeología. Formato PDF. Buenos Aires, 2006. (En línea). Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15908/Documento_completo.pdf?sequence=1

Barrenechea Martel, A. s.f. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. (En línea). Consultado 21 may. 2015. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/uno.pdf>

Borrego, J.; Morales, J.A.; De la Torre, M.L.; Grande, J.A. 2002. Geochemical Characteristics of Heavy Metal Pollution in Surface Sediments of the Tinto and Odiel River Estuary (Southwestern Spain). Environmental Geology 41: 785-796.

Custodio, E.; Díaz, E. 2001. Sección 18: Calidad del agua subterránea. En: Hidrología Subterránea. Eds. E. Custodio; M.R. Llamas. 2 ed. Tomo II. Barcelona, España, Omega.

DGCA (Dirección General de Calidad Ambiental), 2010. Viceministerio de Gestión Ambiental. Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales. (En línea). Consultado el 15 de agosto de 2016. Disponible en: http://redpeia.minam.gob.pe/admin/files/item/4d80cbb8f232b_Guia_riesgos_ambientales.pdf

DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental). 2002. Abastecimiento de Poblaciones y Uso Recreacional - Parámetro a Evaluar: ORGANOLÉPTICO. (En línea). Consultado 19 may. 2015. Disponible en: http://digesa.sld.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf

EPA (AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL). 2015. Programa de conservación de agua Watersense. (En línea). Consultado el 18 de julio de 2015. Disponible en: https://www3.epa.gov/watersense/our_water/como.html

Estudio de suelos y capacidad de uso mayor del departamento de Cajamarca, base de datos ZEE- OT del Gobierno Regional de Cajamarca 2010-2011.

FAO, 2011. Fondo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Desarrollo de la acuicultura. (En línea). Consultado el 15 de junio de 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/014/i1750s/i1750s.pdf>

Galán, E. (2008): The role of clay minerals in removing and immobilising heavy metals from contaminated soils. In "Proceedings of the 1st. Latin American Clay Conference", vol. 1, C.

García, L.A. 1998. Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en América Latina y el Caribe. (En línea). Consultado 01 de julio de 2015. Disponible en: <http://www.iadb.org/sds/doc/ENV-123S.pdf>

Hernández Ayón, H. 2005. Evaluación del contenido de metales pesados en agua para consumo humano en la Ciudad de Tepic. (En línea). Consultado el 15 de junio de 2015. Disponible en: http://www.academia.edu/6561759/Evaluacion_del_contenido_de_metales_pesados_en_agua_para_consumo_humano

IARC, 2002. AGENCIA INTERNACIONAL PARA LA INVESTIGACIÓN DEL CANCER. Efectos Biológicos de campos magnéticos de muy baja frecuencia y radiofrecuencia en presencia de metales pesados: Cadmio y Mercurio. (En línea). Consultado 18 abr. 2015. Disponible en: <http://m.autismoava.org/archivos/ucm-t25621.pdf>

INEI, 2009. Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda - Datos actualizados a Julio de 2009. Consultado el 12 de mayo de 2015.

Lilia A, A. 1997. Cromo. (En línea). Consultado 18 abr. 2015. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-03a14.pdf>

López, PL. 2004. Población, Muestra y Muestreo. (En línea). Consultado el 15 de marzo de 2015. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012

Méndez Melgarejo, FV. 2010. Propuestas de un modelo socio económico de decisión de uso de aguas residuales tratadas en situación de agua limpia para áreas verdes. (En línea). Consultado el 15 de junio de 2015. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/372.pdf>.

MINAGRI (Ministerio de agricultura). 2008. http://www.ana.gob.pe/media/664662/ds_002_2008_minam.pdf

MINSA (Ministerio de salud). 2010. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA. (En línea). Consultado 15 abr. 2015. Disponible en:

http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf

OMS (Organización mundial de la salud). 2004. Guías para la calidad del agua potable. 3 ed. Consultado 22 abr. 2015. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq3sp.pdf

OMS (Organización mundial de la salud). 2006. Guías para la calidad del agua potable. 3 ed. Consultado 22 abr. 2015. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq3_es_full_lowres.pdf

OPS (Organización panamericana de la salud). 1995. Análisis de metales en agua potable y residual por espectrofotometría de absorción atómica. (En línea). Consultado el 15 de junio de 2015. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/analisis.pdf>

Orozco Berrenetxea, C; Pérez Serrano, A; Gonzales Delgado, N; Rodríguez Vidal, FJ; Alfayate Blanco, JM. 2008. Contaminación ambiental. Una visión desde la química. Editorial Paraninfo. 688p.

Poma Rojas, W y Alcántara Boñón, GH. 2010. Estudio de Suelos y Capacidad de Uso Mayor del Departamento de Cajamarca. (En línea). Consultado el 15 de junio de 2015. Disponible en: http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/Expo_ClasTierrasCUM.pdf

Reyes Navarrete, MG; Alvarado-de la Peña, AI; Magdalena Antuna, D; García Vargas, A; González Valdez, LS; Vázquez Alarcón, EC. 2012. Metales pesados: importancia y análisis. (En línea). Consultado 15 abr. 2015. Disponible en: <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/8815/AN%20C3%81LISIS%20DE%20ARS%20Y%20NICO%20Y%20METALES%20PESADOS%20EN%20EL%20AGUA%202.pdf?sequence=1>

Rojas, R. 2002. Guía para la Vigilancia y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS). 353 p.

Romero Rojas, JA. 1999. Calidad del Agua. 2 ed. México, Alfaomega Grupo Editor, S.A. 276 p.

Romero Rojas, JA. 2009. Calidad del Agua. 3 ed. Colombia. Editorial Colombiana de Ingeniería. 484 p.

Seoáñez Calvo, M. 1999. Contaminación del suelo: estudios, tratamiento y gestión. Editorial Mundi-Prensa. 352 p.

Suarez, J. 2008. Calidad de Agua en Ríos: Autodepuración. (En línea). Consultado el 24 de julio de 2015. Disponible en: http://ceres.udc.es/master_en_ingenieria_del_agua/master%20antiguo_antes%20del%202012/segundo_curso/modelos_de_calidad_de_aguas/material%202010-2011/mca_tema_5_complemento_2_reaireacion.pdf.

Torres P, JC. 2005. Cobre, Medio Ambiente y Salud. (En línea). Consultado 19 may. 2015. Disponible en: https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/artic/20110222/asocfile/2011022213251/cobre.pdf

Valencia E, CE. 2010. Química del Hierro y Manganeso en el Agua, Métodos de Remoción – Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil. (En línea). Consultado el 20 de junio de 2016. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/754/1/ti881.pdf>

Wrightman, S. 2008. Calidad Química y Microbiológica del Agua y Acceso al Recurso Agua Naso – Teribe, Bocas del Toro. (En línea). Consultado el 15 de junio de 2015. Disponible en: http://digitalcollections.sit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1038&context=isp_collection

Zafra-Gómez, AM López - Hernández. 2009- The American Review of Public Administration, 2009.Citado por 40 - Artículos relacionados - Las 2 versiones

XII. ANEXOS

12.1. Información sobre las principales enfermedades de la población del distrito de Sucre

Tabla 11. Enfermedades registradas en el Centro de Salud Sucre – año 2013

Morbilidad	Rangos de Edad					Total	Porcentaje (%)
	0-11 años	12 - 17 años	18 – 29 años	30 - 59 años	60 a +		
Enfermedades del sistema respiratorio	600	71	92	199	80	1042	22.8
Enfermedades endocrinas y nutricionales	343	39	17	27	24	450	9,8
Enfermedades del sistema digestivo	29	18	34	78	53	212	4.6
Enfermedades infecciosas y parasitarias	143	6	10	29	27	215	4.7
Enfermedades de la piel y TCSC	64	10	13	26	21	134	2,9
Enfermedades del sistema osteomuscular	0	0	0	4	5	9	0.2
Enfermedades del sistema genitourinario	1	0	0	0	6	7	0.2
Traumatismo envenenamiento	35	16	20	51	39	161	3.5
Enfermedades del ojo y sus anexos	24	9	16	48	23	120	2.6

Enfermedades del sistema nervioso	1	1	0	0	1	3	0.1
Enfermedades del oído y de la Apófisis mastoidea	13	3	6	1	16	39	0.9
Otras enfermedades atendidas	596	285	342	637	321	2181	47.7
Total de enfermedades atendidas en 2013				4573			100

Tabla 12. Enfermedades registradas en el Centro de Salud Sucre – año 2014

Morbilidad	Rangos de Edad					Total	Porcentaje (%)
	0-11 años	12 - 17 años	18 - 29 años	30 – 59 años	60 a +		
Enfermedades del sistema respiratorio	512	97	101	183	86	979	19.8
Enfermedades endocrinas y nutricionales	132	11	5	22	29	199	4
Enfermedades del sistema digestivo	596	178	240	363	250	1627	32.9
Enfermedades infecciosas y parasitarias	198	27	37	57	32	351	7.1
Enfermedades de la piel y TCSC	79	12	14	35	19	159	3.2
Enfermedades del sistema	8	9	21	163	232	433	8,7

osteomuscular							
Enfermedades del sistema genitourinario	37	16	51	137	46	287	5.8
Traumatismo envenenamiento	41	30	43	68	46	228	4.6
Enfermedades del ojo y sus anexos	10	7	4	9	8	38	0.8
Enfermedades del sistema nervioso	5	12	19	64	43	143	2.9
Enfermedades del oído y de la Apófisis mastoidea	4	5	1	16	6	32	0.6
Otras enfermedades atendidas	79	33	66	113	182	473	9.6
Total de enfermedades atendidas en 2013			4949				100

12.2. Panel Fotográfico



Figura 13. Preparación de material para medir parámetros conservación de muestras del agua del manantial “La Quintilla”- Sucre, Celendín, Cajamarca



Figura 14. Calibración del equipo multiparámetros



Figura 15. Toma de muestra de agua de la captación del sistema de agua potable



Figura 16. Toma de muestra de agua en la captación del sistema de agua potable de Sucre



Figura 17. Muestra de agua etiquetada; para enviar a laboratorio acreditado



Figura 18. Toma de muestra de agua en la captación de agua Sucre



Figura 19. En compañía del presidente de la JASS, para tomar muestra de agua de la captación del Manantial La Quintilla



Figura 20. Participación en la visita guiada en la planta de tratamiento de agua potable



Figura 21. Toma de muestra de agua de la captación del Manantial La Quintilla



Figura 22. Observando las condiciones del punto de Captación del Manantial de Agua La Quintilla, Sucre, Celendín – Cajamarca



Figura 23. Aplicación de encuesta a pobladora del Distrito de Sucre



Figura 24. Aplicación de encuesta a pobladores del distrito de Sucre



Figura 27. Clasificación de los reactivos a utilizar en el laboratorio



Figura 28. Toma de fotografías en el momento de mantenimiento y limpieza de la planta de tratamiento de agua potable de Sucre

12.3. Resultados de monitoreo

Tabla 13. Valores de concentración de aluminio

Época		LLUVIOSA				ESTIAJE			
Mes		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Puntos de Monitoreo	P1	53.00	42.00	53.00	54.00	47.00	36.00	38.00	37.30
		52.95	41.50	52.50	53.90	46.80	73.10	38.00	37.50
		52.90	42.50	53.20	54.00	46.90	36.40	37.90	37.41
	P2	52.00	35.00	42.00	48.00	38.00	31.00	31.00	30.90
		52.10	35.10	41.80	48.10	37.90	29.76	31.40	31.00
		51.98	34.90	41.95	48.20	37.89	31.10	31.00	31.10
	P3	50.00	30.00	46.00	40.00	36.00	30.00	28.00	27.80
		50.10	30.12	46.10	40.10	36.00	28.90	29.00	29.10
		50.12	30.10	45.60	39.78	36.20	30.10	28.00	27.60

Tabla 14. Valores de concentración de cobre

Época		LLUVIOSA				ESTIAJE			
Mes		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Puntos de Monitoreo	P1	15.00	22.00	31.00	32.00	20.00	12.00	10.00	10.00
		15.90	22.00	30.90	31.90	20.00	12.20	10.00	10.10
		15.95	21.90	31.15	32.10	20.00	11.89	10.10	10.10
	P2	8.00	15.00	18.00	30.00	12.00	8.00	8.00	6.00
		8.00	15.10	17.90	31.00	12.10	7.80	7.90	6.10
		8.10	15.12	17.80	30.00	11.98	8.00	8.10	5.95
	P3	8.00	14.00	16.00	32.00	6.00	4.00	1.00	1.00
		8.10	14.10	15.90	31.00	5.80	4.00	1.50	1.00
		8.12	13.98	16.10	31.40	5.90	4.30	1.00	2.00

Tabla 15. Valores de concentración de plomo

Época		LLUVIOSA				ESTIAJE			
Mes		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Puntos de Monitoreo	P1	84.00	85.00	84.00	86.00	79.00	79.00	77.00	72.00
		84.10	84.90	83.90	85.86	79.02	78.90	77.01	72.01
		84.20	85.00	84.00	86.05	78.97	79.02	76.98	72.20
	P2	83.00	85.00	78.00	78.00	76.00	74.00	71.00	68.00
		83.00	84.90	78.01	78.07	76.10	74.00	69.90	68.01
		82.98	84.78	79.00	78.23	76.09	74.10	71.70	68.11
	P3	80.00	82.00	77.00	77.00	70.00	69.00	65.00	64.00
		79.90	81.00	77.00	76.90	68.90	68.90	65.10	64.10
		78.00	82.40	77.10	78.00	71.00	69.10	65.42	64.04

Tabla 16. Valores de concentración de cadmio

Época		LLUVIOSA				ESTIAJE			
Mes		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Puntos de Monitoreo	P1	26.00	17.00	19.00	20.00	16.00	14.00	10.00	8.00
		26.00	17.01	18.98	19.90	16.70	14.10	10.20	8.10
		26.00	17.04	18.95	19.80	15.90	14.01	10.01	8.04
	P2	20.00	10.00	12.00	19.00	14.00	11.00	6.00	4.00
		20.01	10.00	12.10	18.90	14.00	10.98	6.00	4.20
		20.03	9.97	12.10	18.90	14.10	10.87	6.09	4.09
	P3	14.00	10.00	10.00	12.00	10.00	7.00	4.00	1.00
		14.50	9.80	9.80	11.90	11.10	7.00	4.30	1.20
		14.01	9.70	9.90	12.10	10.65	7.10	4.56	1.10

Tabla 17. Valores de concentración de hierro

Época		LLUVIOSA				ESTIAJE			
Mes		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Puntos de Monitoreo	P1	38.00	34.00	40.00	39.00	33.00	29.00	24.00	20.00
		38.00	33.80	40.01	40.01	32.90	29.09	23.90	19.98
		38.10	34.09	40.10	39.10	32.99	29.13	24.01	20.00
	P2	42.00	28.00	32.00	30.00	25.00	20.00	15.00	15.00
		42.10	29.00	32.09	31.10	25.10	21.20	15.00	14.90
		42.05	29.10	32.10	30.56	25.60	21.10	15.10	14.70
	P3	32.00	20.00	27.00	21.00	19.00	13.00	10.00	10.00
		31.80	20.10	26.70	21.10	19.00	13.50	10.10	9.80
		31.50	20.00	27.10	21.09	19.00	13.40	10.30	9.76

Tabla 18. Valores de concentración de cromo

Época		LLUVIOSA				ESTIAJE			
Mes		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Puntos de Monitoreo	P1	27.00	32.00	38.00	30.00	20.00	19.00	16.00	14.00
		27.09	32.10	37.50	31.20	20.10	19.00	16.80	13.40
		27.01	32.50	38.05	30.60	20.80	19.70	15.10	14.50
	P2	20.00	25.00	30.00	30.00	15.00	10.00	8.00	5.00
		20.10	25.12	30.12	30.10	14.50	11.10	8.20	5.30
		20.14	25.09	30.90	29.90	14.90	10.90	8.15	5.60
	P3	14.00	24.00	28.00	24.00	6.00	6.00	1.00	2.00
		14.00	23.90	28.10	24.00	6.12	6.20	1.01	2.50
		14.10	23.80	28.00	24.30	6.09	6.30	1.08	2.00

Tabla 19. Valores de concentración de zinc

Época		LLUVIOSA				ESTIAJE			
Mes		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Puntos de Monitoreo	P1	70.00	72.00	75.00	74.00	60.00	60.00	59.00	55.00
		70.12	72.00	75.09	74.05	60.10	59.90	59.10	54.50
		70.06	72.10	74.90	74.10	60.15	60.15	58.90	53.90
	P2	68.00	68.00	69.00	70.00	52.00	51.00	49.00	50.00
		67.70	67.50	68.90	71.01	51.50	52.01	48.90	48.12
		68.12	66.90	68.50	70.90	51.90	52.00	48.50	49.09
	P3	66.00	60.00	62.00	62.00	50.00	50.00	44.00	42.00
		65.10	60.10	61.50	61.90	51.10	49.90	43.00	40.90
		65.60	60.09	61.90	62.09	50.90	49.70	45.00	42.01

12.4. Mapas

Figura 29. Mapa de ubicación del área de estudio

Figura 30. Mapa satelital de ubicación del área de estudio

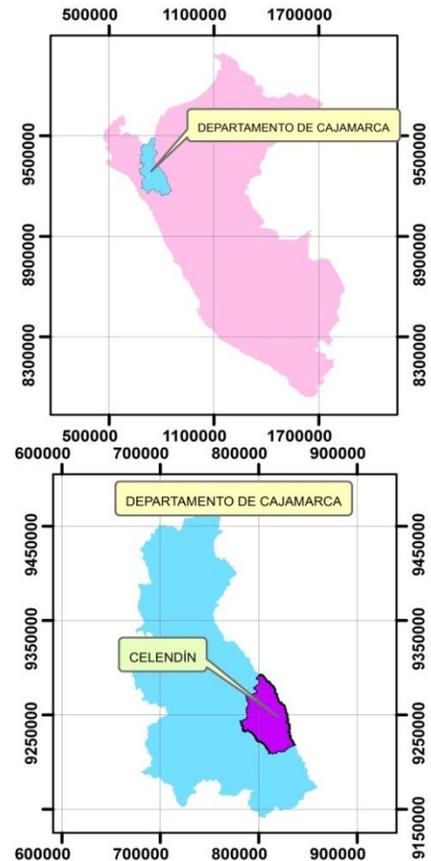
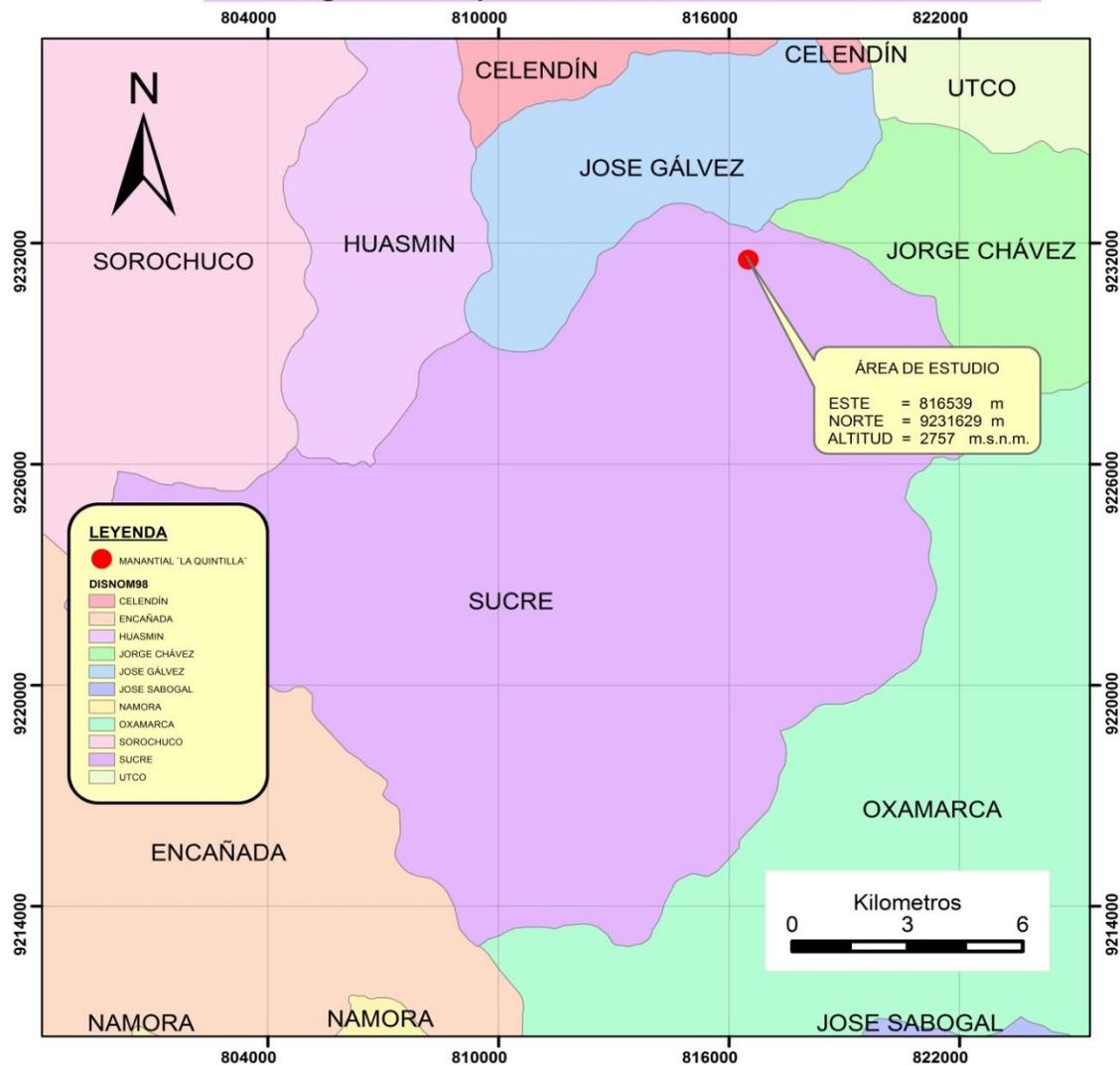
Figura 31. Mapa de vías de acceso al área de estudio

Figura 32. Mapa de ubicación de puntos de monitoreo

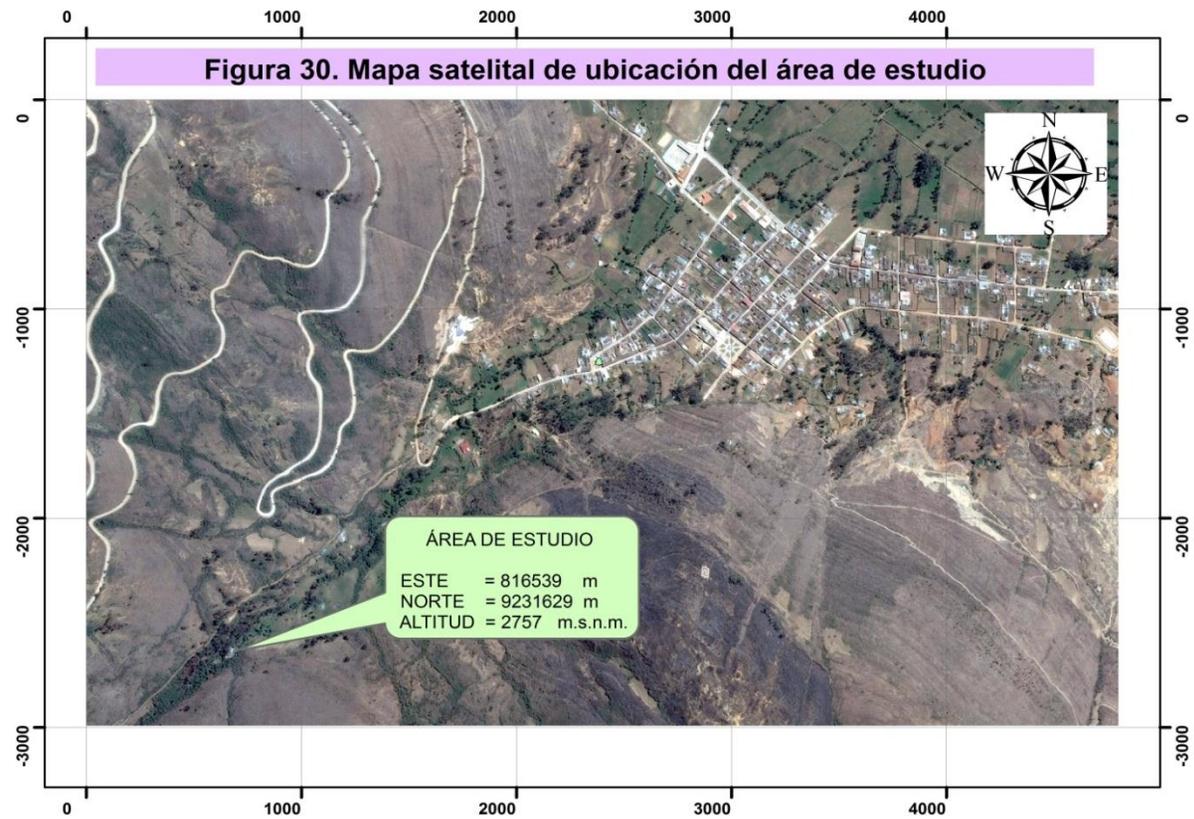
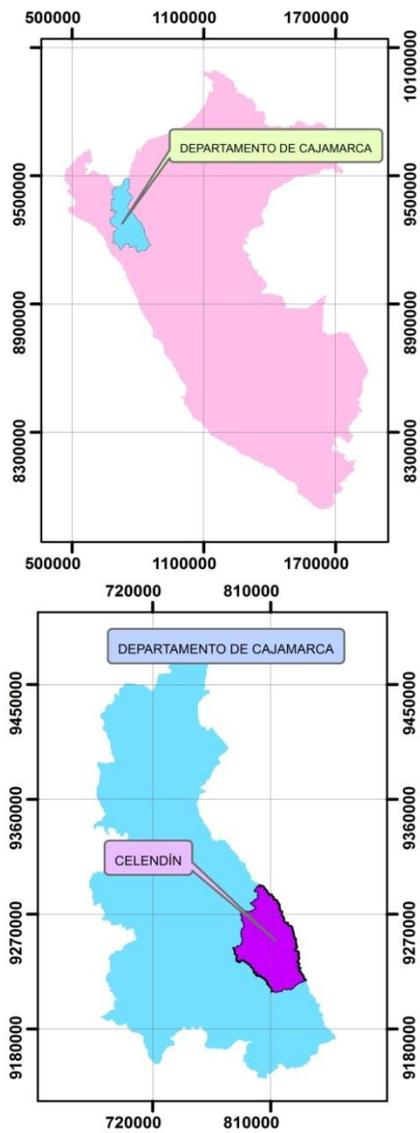
Figura 33. Mapa geológico del área de estudio

Figura 34. Mapa de influencia antropogénicas del área de estudio

Figura 29. Mapa de ubicación del área de estudio



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental		
TESIS: "DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL AGUA DEL MANANTIAL LA QUINTILLA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE SUCRE - CELENDÍN"		
TESISTA: Bach. Azucena Chávez Collantes	ASESOR: Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno	
DEPARTAMENTO: Cajamarca	PROVINCIA: Celendín	DISTRITO: Sucre
ESCALA: 1/150000	FECHA: 25/06/2015	N° MAPA: 01

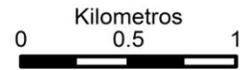


LEYENDA

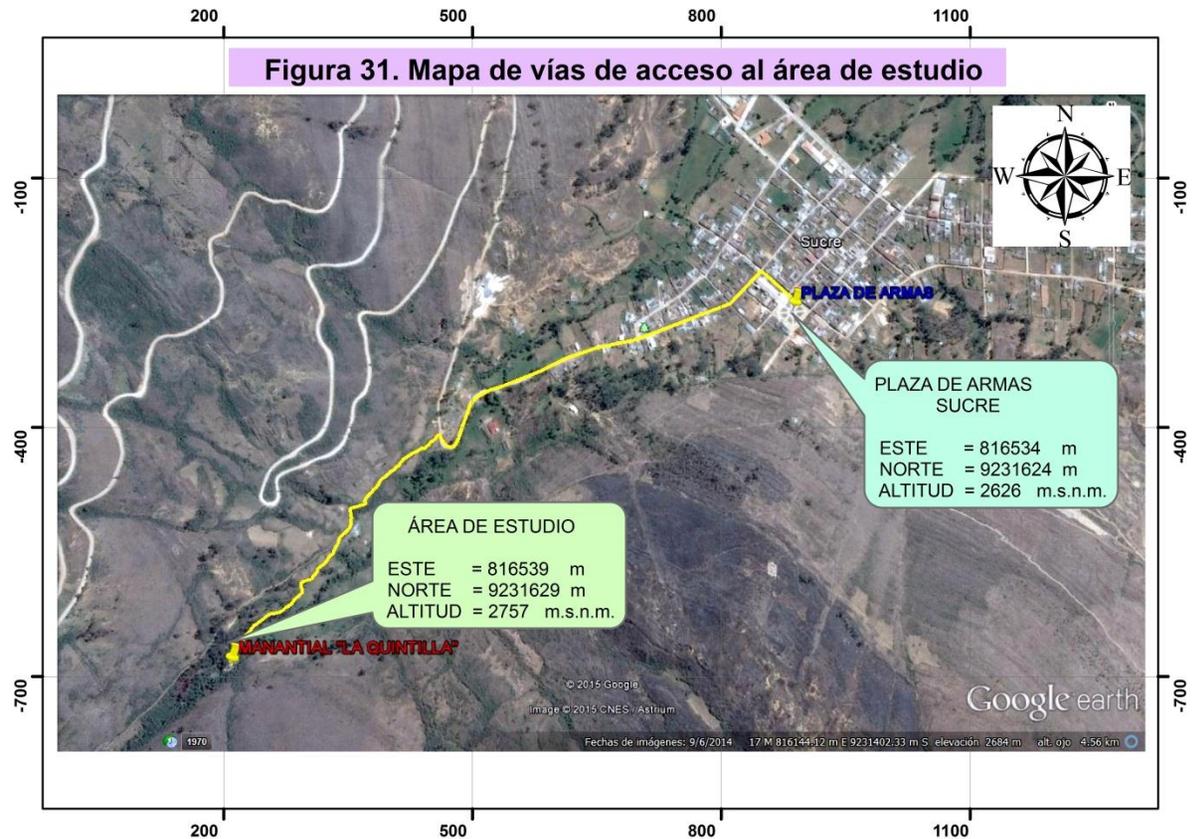
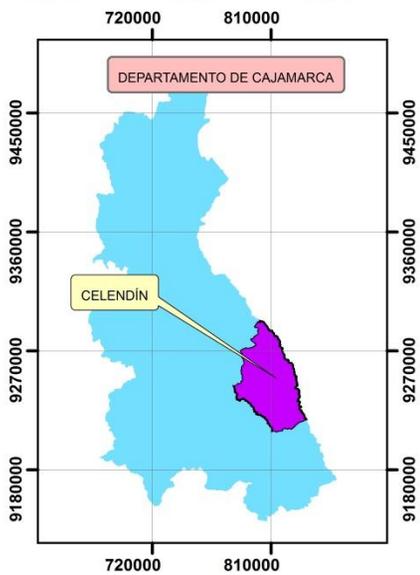
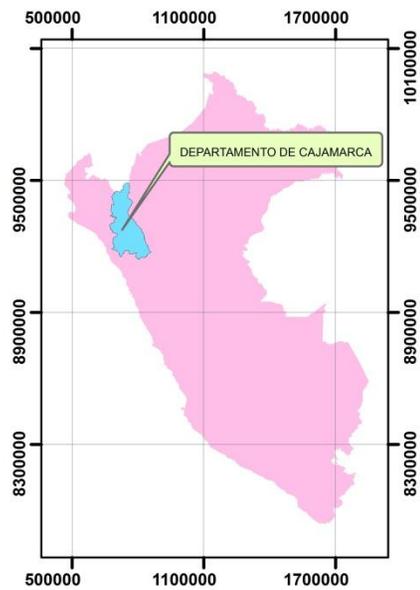
MANANTIAL "LA QUINTILLA"

RGB

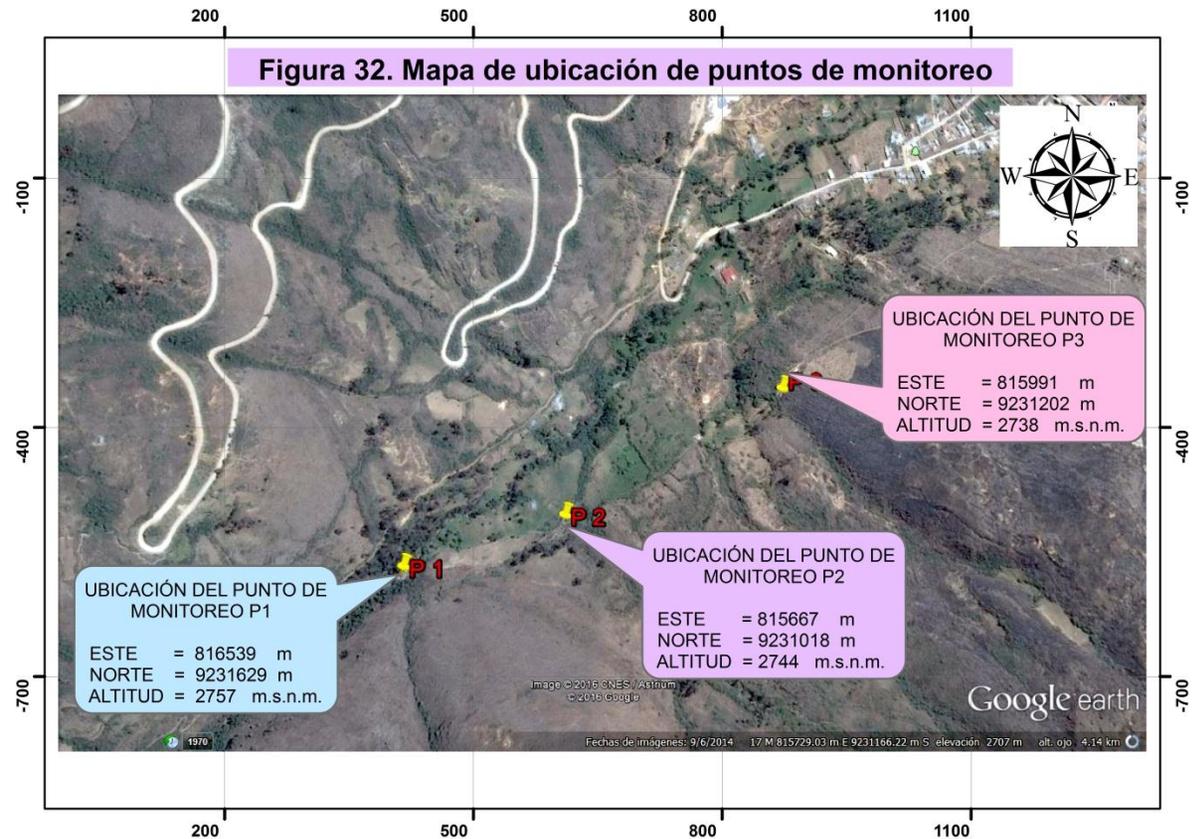
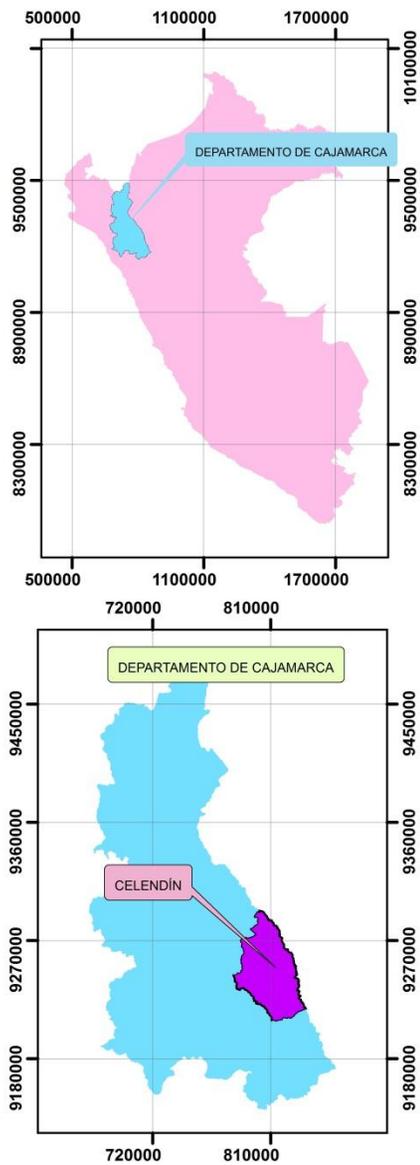
- Red: Band_1
- Green: Band_2
- Blue: Band_3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental		
TESIS: "DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL AGUA DEL MANANTIAL LA QUINTILLA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE SUCRE - CELENDÍN"		
TESISTA: Bach. Azucena Chávez Collantes		ASESOR: Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno
DEPARTAMENTO: Cajamarca	PROVINCIA: Celendín	DISTRITO: Sucre
ESCALA: 1/27000	FECHA: 25/06/2015	N° MAPA: 02



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental		
TESIS: "DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL AGUA DEL MANANTIAL LA QUINTILLA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE SUCRE - CELENDÍN"		
TESISISTA: Bach. Azucena Chávez Collantes	ASESOR: Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno	
DEPARTAMENTO: Cajamarca	PROVINCIA: Celendín	DISTRITO: Sucre
ESCALA: 1/7000	FECHA: 25/06/2015	N° MAPA: 03

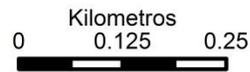


LEYENDA

PUNTOS DE MONITOREO.jpg

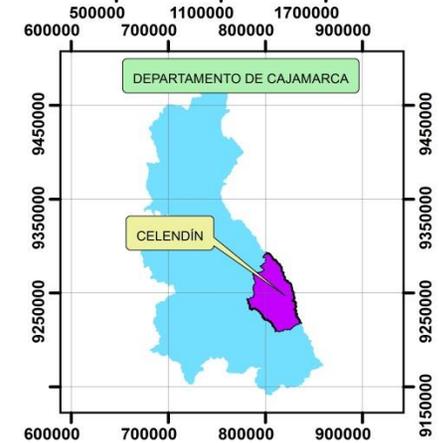
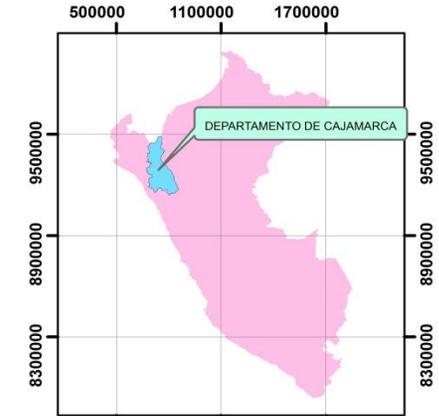
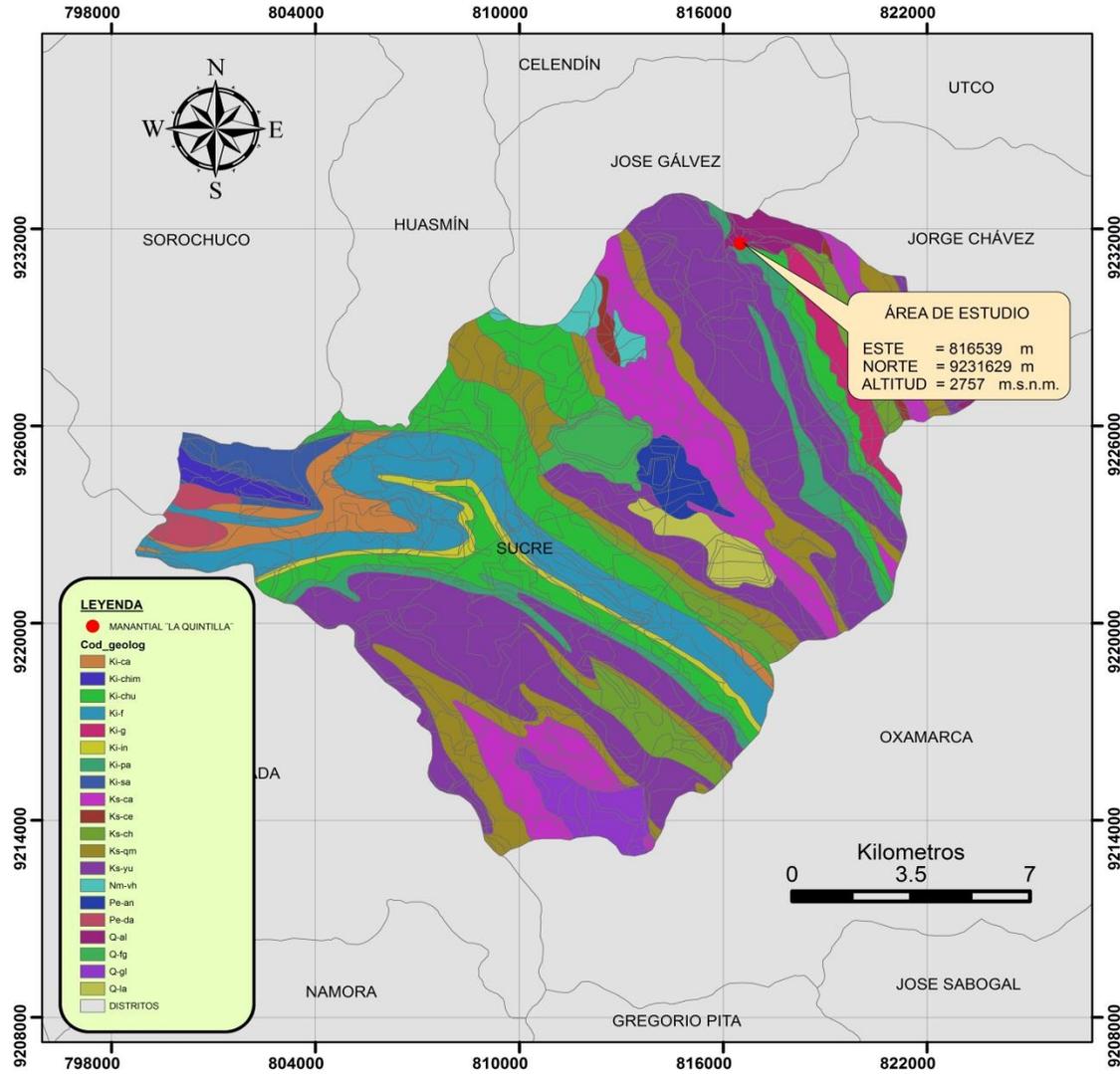
RGB

- Red: Band_1
- Green: Band_2
- Blue: Band_3

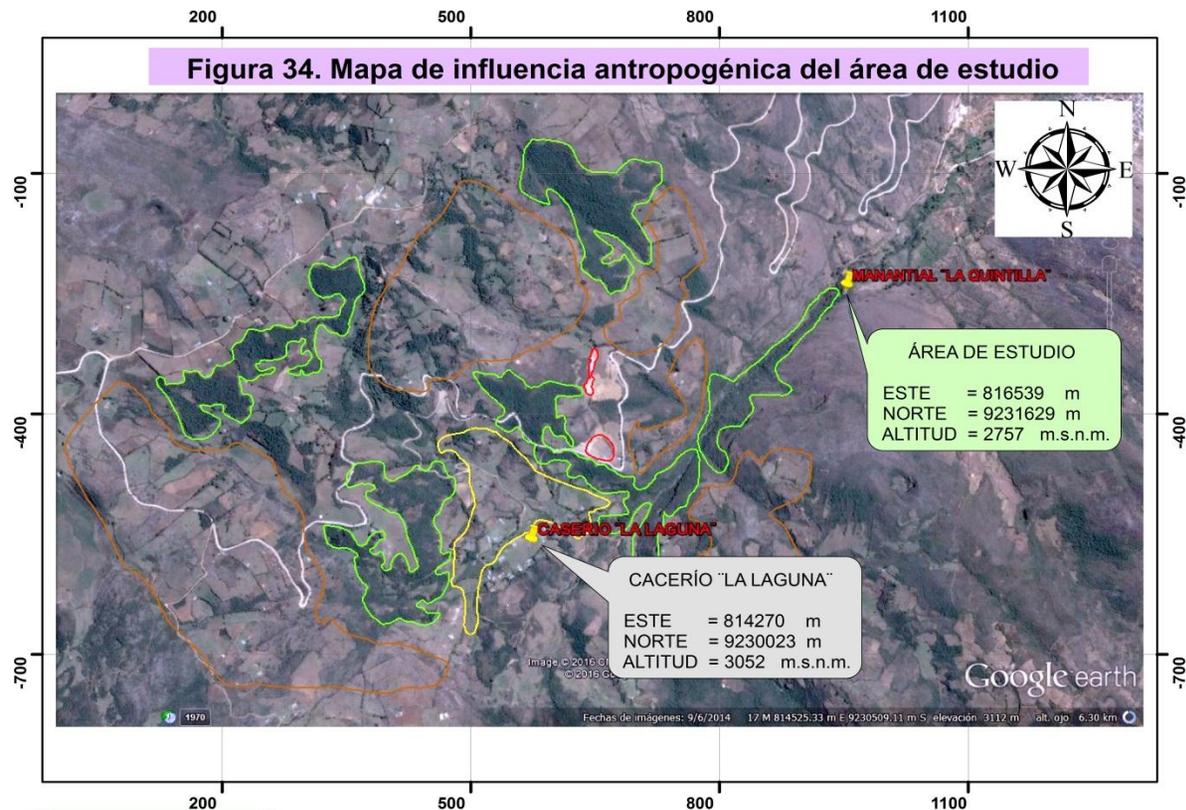
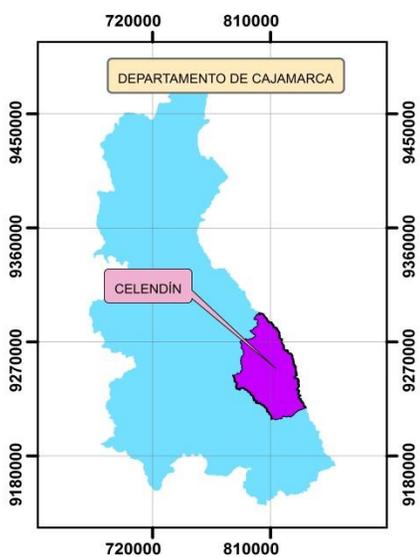
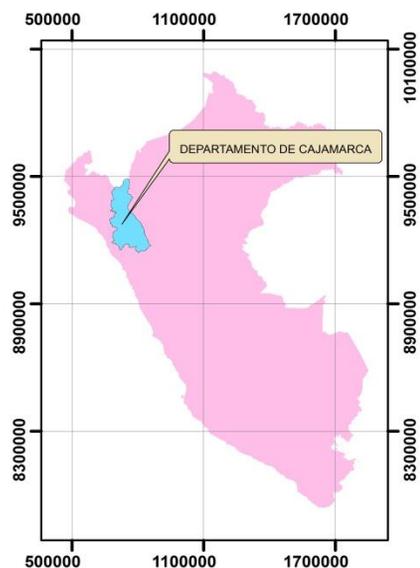


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental		
TESIS: "DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL AGUA DEL MANANTIAL LA QUINTILLA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE SUCRE - CELENDÍN"		
TESISTA: Bach. Azucena Chávez Collantes	ASESOR: Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno	
DEPARTAMENTO: Cajamarca	PROVINCIA: Celendín	DISTRITO: Sucre
ESCALA: 1/7000	FECHA: 25/06/2015	N° MAPA: 04

Figura 33. Mapa geológico del área de estudio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental		
TESIS: "DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL AGUA DEL MANANTIAL LA QUINTILLA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE SUCRE - CELENDÍN"		
TESISISTA: Bach. Azucena Chávez Collantes	ASESOR: Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno	
DEPARTAMENTO: Cajamarca	PROVINCIA: Celendín	DISTRITO: Sucre
ESCALA: 1/170000	FECHA: 25/06/2015	N° MAPA: 05



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental		
TESIS: "DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL AGUA DEL MANANTIAL LA QUINTILLA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE SUCRE - CELENDÍN"		
TESISISTA: Bach. Azucena Chávez Collantes	ASESOR: Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno	
DEPARTAMENTO: Cajamarca	PROVINCIA: Celendín	DISTRITO: Sucre
ESCALA: 1/7000	FECHA: 25/06/2015	N° MAPA: 06

12.5. Registro histórico de precipitación

Los datos que a continuación se presentan, pertenecen a la data histórica del SENAMHI, de la estación meteorológica ubicada en el distrito de Celendín, provincia de Celendín, entre las Coordenadas: Latitud 6° 51´11” y Longitud: 78° 8´42”. Se ha utilizado la base de datos de ésta estación, puesto que en el emplazamiento del área de estudio enmarcada en la investigación, no se cuenta con una estación meteorológica de donde obtener estos datos, asimismo se indica que la estación meteorológica más cercana al manantial la Quintilla corresponde a la estación de Celendín.

12.5.1. Datos SENAMHI – Época lluviosa

DICIEMBRE		ENERO		FEBRERO		MARZO	
Precipitación (mm)		Precipitación (mm)		Precipitación (mm)		Precipitación (mm)	
7	19	7	19	7	19	7	19
0	0	1.7	6.8	1.8	0	5.5	6.3
0	0	1.3	0	0	0	23	2.2
0	0	0.2	0	0	0	11	3.5
2.5	0.5	0	0	0	0	0.4	0
0	1.2	0	0	0	3.3	2	1.4
0.5	2.5	0	0	0.5	0	0	0
0	0	0	0	2.8	0.4	0	0
1.3	0.2	0	0	0	0	0	0
0	4.7	0.4	0	0	0	0.4	0
5.7	2.2	1.2	0	0	0	0.5	0.4
0	0	1.6	2.5	0	0	0	0
0	20.6	0	0	0	0	0	0
1.6	1.4	0	5.5	0.2	0.6	0	0
0	1.1	0.4	0	0	1.3	4.2	11.6
0	0	0	0	0.6	3.6	0	0

0	0	0	14.5	1.8	0	0	0
0	0.2	0	0	0	0	1.4	8.8
10.9	0.6	2.8	5.1	0	0	14.5	0
0	0	2	2.4	0	0	6.7	10
0	0	9	11.3	0	0	12.6	7.8
0	0	0.2	5.6	0	0	5.4	0.6
0	0	27	2.9	0	0	28	0
1.3	0.3	4.6	2.1	0	0.4	6.8	0
0	0	10.8	2	0.8	0.2	8	0.5
0	0	9.7	0	2	0	8.5	4.2
1.9	2	0	0	3.3	0	2.8	10.7
3.1	0.4	14	3.2	0	0.9	0	0.7
0	1.7	18.4	4	0	0.7	0.1	0
5.9	3.3	0.8	0			15.9	0.5
1.2	0	0.8	0.7			0	4.1
0.4	0	3.7	0			0	4.6

12.5.2. Datos SENAMHI – Época de estiaje

ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO	
Precipitación (mm)		Precipitación (mm)		Precipitación (mm)		Precipitación (mm)	
7	19	7	19	7	19	7	19
0.6	1.4	0	0	0	0	0	0
0.6	0	0	0	0	4.7	0	0
0.2	0	17.6	10.9	0.1	0	0	0
0	0	13.8	0	0	0	0	0
7.7	2	0	0	0	0	0	0
1.6	0	0	0	0	0	1.2	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	2.2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0.6	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	6.5	0	0	0	0
3.7	1.7	0	0	0	0.5	0	0
26.5	5.1	0	0	0	0	0	0
11.1	6.4	0.5	6.9	0	0	0	0
9.7	0	11.3	0	0	0	0	0
0	3.8	0	0	0	0	0	0
7.1	6.9	0	0	0	0	0	0
6.4	5.1	0	0	0	0	0	0
0	3.8	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1.3	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0.7	0	0	0	0.2	0	0	0
0	0.5	0	0.2	0	0	0	0
0	0	0	2.2	0	0	0	0
0	0	1	5.7	0	0	0	0
		0	0.7			0	0

12.5.3. Datos SENAMHI – Valores promedios

DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1.64	2.89	0.45	3.80	1.91	1.25	0.09	0.45

12.6. Resultados de laboratorios acreditados

A continuación se presenta una tabla de valores promedios por época de estudio (Lluviosa y de estiaje), comparada con la normativa vigente par agua destinada al uso de consumo poblacional, además de una comparación con los resultados promedios de los resultados obtenidos en laboratorios acreditados.

Valores establecidos en la presente investigación		Rango aceptado (mg/L)	Valores promedios en época lluviosa (mg/L)	Valor promedio en época estiaje (mg/L)	Valor promedio en época lluviosa – Lab. DESA (mg/L)	Valor promedio en época estiaje – Lab. Nkap (mg/L)
Aluminio	Al	0.2	0.004441	0.003684	0.0074	0.003766667
Cobre	Cu	2	0.002013	0.000823	0.0095	0.000733333
Plomo	Pb	0.01	0.008156	0.007202	-	0.007266667
Cadmio	Cd	0.003	0.001573	0.000887	-	0.000856667
Hierro	Fe	0.3	0.003205	0.001952	0.0027	0.001853333
Cromo	Cr	0.05	0.002694	0.001032	0.0155	0.001043333
Zinc	Zn	3	0.006795	0.005176	-	0.005266667



**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° 063 – 2015**

Solicitante: Azucena Chávez Collantes
Dirección: Sucre

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)	CONTROL DE LABORATORIO
Procedencia de la muestra: Manantial La Quintilla	Fecha/hora de recepción: 11/02/15 – 15:11 h.
Fecha/hora de muestreo: 11/02/15 – 10:00 h	Fecha de inicio del ensayo: 11/02/15 – 15:40 h.
Muestreado por: Azucena Chávez	Comprobante de pago: B.V N°.033158
Localidad: Sucre	
Distrito: Sucre	DATOS DE LA MUESTRA
Provincia: Celendín	Código de Laboratorio: 063
Departamento: Cajamarca	Código dado por el Solicitante: ----

Ensayos	Resultados	LMP del D.S. N°031-2010-SA Reglamento de la calidad del agua para Consumo Humano	Método de ensayo
pH (18.6 °C)	7.0	6.5 – 8.5	Método electrométrico. Parte 4500-H-B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Ed.
Conductividad (uS/cm ²)	360	1500	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Edition.
Sólidos Totales Disueltos: STD (mg/l)	173.6	1000	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Ed.
Turbidez: (UNT)	1.63	5	Método Nefelométrico.
Cloro: Cl (mg/l)	0.00	0.5 – 1.0	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos: SO ²⁻ ₄ (mg/l)	2.1	250	Sulfá Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro: Fe (mg/l)	0.002	0.3	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	0.017	2	Bicinchoninate Method. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo: Cr ⁶⁺ (mg/l)	0.029	0.05	1,5 Diphenylcarbohydrazide Method Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO ₂ ⁻ (mg/l)	—	3	Diazotization Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls)
Nitrato: NO ₃ ⁻ (mg/l)	1.3	50	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls)
Aluminio: Al (mg/l)	0.010	0.2	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas



Cajamarca, 12 de Febrero de 2015.

Jorge Palazar Cabañas
BIOLOGO



Plan de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° 046 – 2015

Solicitante: Azucena Chávez Collantes	
Dirección: Sucre	
DATOS DEL MUESTREO (datos por el solicitante)	
Procedencia muestra: Manantial La Quintilla	CONTROL DE LABORATORIO
Fecha/hora de muestreo: 14/03/15 - 09:10 h	Fecha/hora de recepción: 14/03/15 - 13:51 h
Muestreado por: Azucena Chávez	Fecha de inicio del ensayo: 14/03/15 - 16:00 h
Localidad: Sucre	
Distrito: Sucre	DATOS DE LA MUESTRA
Provincia: Celendin	Código de Laboratorio: -----
Departamento: Cajamarca	Código dado por el Solicitante: -----

Ensayos	Resultados	LMP del D.S. N°031-2010-SA Reglamento de la calidad del agua para Consumo Humano	Método de ensayo
pH (18.6 °C)	7.916	6.5 – 8.5	Método electrométrico. Parte 4500-H-B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF, 20 TH Ed.
Conductividad (uS/cm ²)	453	1500	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF, 20 TH Edition.
Sólidos Totales Disueltos: STD (mg/l)	280	1000	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF, 20 TH Ed.
Turbidez: (UNT)	2	5	Método Nefelométrico.
Cloro: Cl (mg/l)	0.00	0.5 – 1.0	Colorímetro. Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos: SO ₄ ²⁻ (mg/l)	48.0	250	Sulfato Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro: Fe (mg/l)	0.0033	0.3	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	0.0020	2	Bicinchoninate Method. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e; 1963)
Cromo: Cr ⁶⁺ (mg/l)	0.0020	0.05	1,5 Diphenylcarbohydrazide Method Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Nitrito: NO ₂ ⁻ (mg/l)	—	1	Diazotization Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls)
Nitrato: NO ₃ ⁻ (mg/l)	0.5	10	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls)
Aluminio: Al (mg/l)	0.0047	0.2	Aluminum Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas



Lic. Esperanza G. Vargas Diaz
Bióloga - Microbióloga - Parasitóloga
C. B. P. 5262

Cajamarca, 23 de marzo de 2015.

Cajamarca, 10 de mayo de 2015

SRTA. AZUCENA CHÁVEZ COLLANTES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
CELENDÍN-CAJAMARCA

Presente

De mi consideración:

Por la presente le saludo muy atentamente y a la vez le remitimos los resultados en el Informe de Ensayo N° C-140-D215-UNC-ACC de los análisis químicos de sus muestras de Agua Superficial. Solicitado a nuestra empresa.

Agradeciendo la atención a la presente, quedo de Ud.

Atentamente



Alexandra Aurazo Rodríguez
Supervisor Administrativo

CC. File



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
 INDECOPI - SNA CON REGISTRO No LE 026



INFORME DE ENSAYO

C-140-D215-UNC-ACC

Pág 01 de 04

CLIENTE : Azucena Chávez Collantes :
 Celendín- Cajamarca

ATENCIÓN

MÉTODOS DE ENSAYO : Azucena Chávez Collantes : Químico

ITEM DE ENSAYO : Agua de manantial y línea de conducción.

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : 03 botella de plástico de 500ml.

MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente

LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN : Cajamarca, 30 de Abril de 2015
 Hora: 14:23

LUGAR Y FECHAS DE EJECUCIÓN : Cajamarca, 30 de Abril de 2015

MÉTODO DE ENSAYO

Parámetro	Norma-Método	Límite de detección	Tiempo máximo de conservación recomendado/obligado
Metales por ICP	EPA 200.7, Rev 4.4, 1994	Ag <0.0022, Al <0.0047, As <0.0061, Ba <0.0016, Be <0.0027, B <0.0086, Ca <0.0107, Cd <0.0024, Ce <0.0053, Co <0.0026, Cr <0.0021, Cu <0.0019, Fe <0.0031, Hg <0.0010, K <0.0098, Li <0.0056, Mg <0.0073, Mn <0.0078, Mo <0.0068, Se <0.0065, Na <0.0179, Ni <0.0031, P <0.0163, Pb <0.0060, Sb <0.0098, Sr <0.0202, Sn <0.0060, Si <0.0049, Ti <0.00022, Tl <0.0080, V <0.00, Zn <0.0088 (mg/L)	30d

Sello

Fecha Emisión

Supervisor Administrativo

Supervisor del Laboratorio de Química

10/05/2015 Edder Neyra Jaico
 Alexandra Aurazo Rodríguez

CIP 147028

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS SOLICITADOS PARA LOS ITEM DE ENSAYO RECIBIDOS.

- * Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.
- * Las muestras serán eliminadas al término del tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado, salvo requerimiento expreso del cliente.
- * Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



INFORME DE ENSAYO

C-140-D215-UNC-ACC

Pág. 02 de 04

Código de Laboratorio			C-140-01
Código de Cliente			P - 1
Item de Ensayo			Agua Superficial
Fecha de Muestreo			30/04/2015
Hora de Muestreo			08:20
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Metales Totales por ICP			
Aluminio	Al	mg/L	<0.0045
Antimonio	Sb	mg/L	<0.0058
Arsénico	As	mg/L	<0.0061
Bario	Ba	mg/L	<0.0016
Berilio	Be	mg/L	<0.0027
Boro	B	mg/L	<0.0086
Cadmio	Cd	mg/L	<0.0012
Calcio	Ca	mg/L	75.97
Cerio	Ce	mg/L	<0.0053
Cobalto	Co	mg/L	<0.0026
Cobre	Cu	mg/L	<0.0011
Cromo	Cr	mg/L	<0.0018
Estaño	Sn	mg/L	<0.0060
Estroncio	Sr	mg/L	<0.0049
Fósforo	P	mg/L	<0.0183
Hierro	Fe	mg/L	<0.0027
Litio	Li	mg/L	<0.0056
Magnesio	Mg	mg/L	3.053
Manganeso	Mn	mg/L	<0.0078
Mercurio	Hg	mg/L	<0.0010
Molibdeno	Mo	mg/L	<0.0068
Niquel	Ni	mg/L	<0.0031
Plata	Ag	mg/L	<0.0022
Plomo	Pb	mg/L	<0.0078
Potasio	K	mg/L	2.537
Selenio	Se	mg/L	<0.0085
Silicio*	Si	mg/L	<0.0202
Sodio	Na	mg/L	1.328
Talio	Tl	mg/L	<0.0080
Titanio	Ti	mg/L	<0.0021
Vanadio	V	mg/L	<0.0095
Zinc	Zn	mg/L	<0.0060

(*) Los Métodos indicados no han sido acreditados por el Indecopi-SNA.





INFORME DE ENSAYO
C-140-D215-UNC-ACC

Pág. 03 de 04

Código de Laboratorio			C-140-01
Código de Cliente			P - 2
Item de Ensayo			Agua Superficial
Fecha de Muestreo			30/04/2015
Hora de Muestreo			08:20
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Metales Totales por ICP			
Aluminio	Al	mg/L	<0.0035
Antimonio	Sb	mg/L	<0.0058
Arsénico	As	mg/L	<0.0061
Bario	Ba	mg/L	<0.0016
Berilio	Be	mg/L	<0.0027
Boro	B	mg/L	<0.0086
Cadmio	Cd	mg/L	<0.00085
Calcio	Ca	mg/L	75.97
Cerio	Ce	mg/L	<0.0053
Cobalto	Co	mg/L	<0.0026
Cobre	Cu	mg/L	<0.00080
Cromo	Cr	mg/L	<0.0009
Estaño	Sn	mg/L	<0.0060
Estroncio	Sr	mg/L	<0.0049
Fósforo	P	mg/L	<0.0183
Hierro	Fe	mg/L	<0.00175
Litio	Li	mg/L	<0.0056
Magnesio	Mg	mg/L	3.053
Manganeso	Mn	mg/L	<0.0078
Mercurio	Hg	mg/L	<0.0010
Molibdeno	Mo	mg/L	<0.0068
Niquel	Ni	mg/L	<0.0031
Plata	Ag	mg/L	<0.0022
Plomo	Pb	mg/L	<0.0073
Potasio	K	mg/L	2.537
Selenio	Se	mg/L	<0.0085
Silicio*	Si	mg/L	<0.0202
Sodio	Na	mg/L	1.328
Talio	Tl	mg/L	<0.0080
Titanio	Ti	mg/L	<0.0021
Vanadio	V	mg/L	<0.0095
Zinc	Zn	mg/L	<0.0051

(*) Los Métodos indicados no han sido acreditados por el Indecopi-SNA.





INFORME DE ENSAYO

C-140-D215-UNC-ACC

Pág. 04 de 04

Código de Laboratorio			C-140-01
Código de Cliente			P - 3
Item de Ensayo			Agua Superficial
Fecha de Muestreo			30/04/2015
Hora de Muestreo			08:20
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Metales Totales por ICP			
Aluminio	Al	mg/L	<0.0033
Antimonio	Sb	mg/L	<0.0058
Arsénico	As	mg/L	<0.0061
Bario	Ba	mg/L	<0.0016
Berilio	Be	mg/L	<0.0027
Boro	B	mg/L	<0.0086
Cadmio	Cd	mg/L	<0.00057
Calcio	Ca	mg/L	75.97
Cerio	Ce	mg/L	<0.0053
Cobalto	Co	mg/L	<0.0026
Cobre	Cu	mg/L	<0.00030
Cromo	Cr	mg/L	<0.00043
Estaño	Sn	mg/L	<0.0060
Estroncio	Sr	mg/L	<0.0049
Fósforo	P	mg/L	<0.0183
Hierro	Fe	mg/L	<0.00116
Litio	Li	mg/L	<0.0056
Magnesio	Mg	mg/L	3.053
Manganeso	Mn	mg/L	<0.0078
Mercurio	Hg	mg/L	<0.0010
Molibdeno	Mo	mg/L	<0.0068
Niquel	Ni	mg/L	<0.0031
Plata	Ag	mg/L	<0.0022
Plomo	Pb	mg/L	<0.0067
Potasio	K	mg/L	2.537
Selenio	Se	mg/L	<0.0085
Silicio*	Si	mg/L	<0.0202
Sodio	Na	mg/L	1.328
Talio	Tl	mg/L	<0.0080
Titanio	Ti	mg/L	<0.0021
Vanadio	V	mg/L	<0.0095
Zinc	Zn	mg/L	<0.0047

(*) Los Métodos indicados no han sido acreditados por el Indecopi-SNA.

