

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



TESIS

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO AMBIENTAL

CONTROL FISICOQUÍMICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE SUCRE

PRESENTADO POR

Bach: TAMARA ROSALIA CASTILLO DIAZ

Asesor: Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno

CAJAMARCA – PERÚ

2016

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mis padres por haberme dado la vida, a mi Madre Rosalía Díaz Zegarra por ser el principal cimiento en la construcción de mi vida, en la parte moral y económica; por su esfuerzo y apoyo incondicional para darme una carrera pensando en mi futuro para poder llegar a ser profesional.

A mis hermanos y prima hermana quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A ti Jorge Luis Aliaga Roncal por creer en mi capacidad y que desde un principio hasta el día de hoy sigues dándome ánimo para terminar este proceso.

A mi amado hijo Thiago Joaquín Aliaga Castillo por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy gracias a Dios por protegerme, guiarme y permitirme sonreír ante todos mis logros.

A mi familia por su apoyo incondicional y brindarme la oportunidad de terminar este proceso.

Al Ing. Quim. Jorge Silvestre Lezama Bueno por la dirección de este trabajo durante todo el proceso del trabajo de tesis con un interés y una entrega que han sobrepasado todas las expectativas.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatorias y agradecimientos.....	3
Resumen	8
I. Introducción	10
1.1 Problema de investigacion	11
1.2 Formulación del problema.....	12
1.3 Objetivos.....	12
1.4 Hipótesis.....	13
II. Revisión de literatura	14
2.1 Antecedentes.....	14
2.2 Monitoreo ambiental	16
2.3 Calidad del agua	16
2.4 El agua	17
2.5 Agua potable.....	17
2.6 Parámetros de calidad del agua.....	18
a. Parámetros de calidad física del agua.....	18
a.1 Temperatura.....	18
a.2. pH	19
a.3. Turbiedad.....	19
a.4. Conductividad eléctrica	19
a.5. Sólidos totales.....	20
b. Parámetros de la calidad química del agua	20
b.1 Sulfato.....	20
b.2 Nitratos.....	20
b.3 Aluminio.....	21
b.4 Cobre.....	21
b.5 Cromo.....	22
b.6 Hierro.....	22
2.7 Control fisicoquímico.....	23
2.8 Límite máximo permisible (LMP) para agua.....	23
2.9 Estándar de calidad ambiental (ECA) para agua.....	23

III. Materiales y métodos.....	24
3.1 Ubicación geográfica del trabajo de investigación.....	24
3.2 Materiales.....	27
3.3 Metodología.....	28
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
VI BIBLIOGRAFÍA.....	61

ÍNDICE	Pág.	
Tabla 1	Análisis agua potable de una casa (captación poza de la Quintilla)	14
Tabla 2	Población urbana y rural del distrito de Sucre	27
Tabla 3	Determinación de aluminio	31
Tabla 4	Determinación del cobre	32
Tabla 5	Determinación del cromo	32
Tabla 6	Intervalo de medida del hierro	33
Tabla 7	Determinación de nitratos	35
Tabla 8	Determinación de sulfatos	37
Tabla 9	Valores de pH	41
Tabla 10	Valores de conductividad eléctrica	42
Tabla 11	Valores de los sólidos totales	44
Tabla 12	Valores de turbiedad	45
Tabla 13	Valores de sulfatos	47
Tabla 14	Valores de temperatura	49
Tabla 15	Valores de hierro	51
Tabla 16	Valores de cobre	52
Tabla 17	Valores de cromo	54
Tabla 18	Valores de nitrato	55
Tabla 19	Valores de aluminio	57

FIGURAS

Figura 1.	Pisos ecológicos del distrito de Sucre	25
Figura 2.	Mapa de ubicación política	
Figura 3.	Punto de monitoreo	
Figura 4.	Valores del pH	41
Figura 5.	Valores de conductividad eléctrica	43
Figura 6.	Valores de sólidos totales	44
Figura 7.	Valores de turbiedad	46
Figura 8.	Valores de sulfatos	48
Figura 9.	Valores de temperatura	50
Figura 10.	Valores de hierro	51
Figura 11.	Valores de cobre	53
Figura 12.	Valores de cromo	54
Figura 13.	Valores de nitrato	56
Figura 14.	Valores de aluminio	58

RESUMEN

El presente estudio denominado “CONTROL FISICOQUÍMICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE SUCRE”, fue realizado en el distrito de Sucre – provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, estudio que tuvo por finalidad determinar la calidad de agua potable con la que se abastece la población de Sucre, llevando un control fisicoquímico durante el período de un año.

Esta investigación consistió en trabajos de campo, como la toma de muestras, y los análisis fueron realizados por el laboratorio certificado de Salud Ambiental DESA de la ciudad de Cajamarca y el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Cajamarca – sede Celendín. Los trabajos de gabinete consistieron en la tabulación de datos, así como los análisis estadísticos, para las comparaciones de los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental modificado según del Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM y Límites Máximos Permisibles establecidos por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

Los resultados del presente estudio fisicoquímico de la calidad de agua de la planta de tratamiento, demuestran que se encuentran dentro de los valores establecidos por el DS N° 015-2015-MINAM y Límites Máximos Permisibles según la Norma Peruana. Sin embargo, al realizar un análisis bacteriológico observamos que posee valores que exceden los límites establecidos por la Norma Peruana, haciéndola no recomendable para el consumo humano, la causa fue por falta de una adecuada dosificación del hipoclorito de calcio en el tanque de cloración en la planta de tratamiento.

ABSTRACT

The present study denominated CONTROL FISICOQUÍMICO OF THE SYSTEM OF TREATMENT OF it DILUTES DRINKABLE IN THE DISTRICT DE SUCRE", it was carried out in the district of Sucre - county of Celendín, Department of Cajamarca, study that had for purpose to determine the quality of drinkable water with which the population of Sucre is supplied, taking a control fisicoquímico during the period of one year.

This investigation consisted on field works, as the taking of samples, and the analyses were carried out by the certified laboratory of Environmental Health DESA of the city of Cajamarca and the laboratory of Chemistry of the National University of Cajamarca - Headquarters Celendín. The cabinet works consisted on the tabulation of data, as well as the statistical analyses, for the comparisons of the results with the Standards of Environmental Quality modified according to of the Supreme Ordinance N° 015-2015-MINAM And Maximum Permissable Limits established by the regulation of the quality of the water for human consumption.

The results of the present study fisicoquímico of the quality of water of the treatment plant, they demonstrate that they are inside the values settled down by the DS N° 015-2015-MINAM. However, when carrying out a bacteriological analysis we observe that it possesses values that exceed the limits settled down by the Norma Peruvian, not making it advisable for the human consumption, the cause consisted for lack of an appropriate dosage on the cloración tank in the treatment plant.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es probablemente el recurso natural más importante del planeta, ya que sin ella no podría existir la vida y la industria no funcionaría. El agua no tiene sustituto en muchas aplicaciones. Se usa en el consumo humano, agricultura, ganadería, minería, industria y generación de energía, sin embargo, se maneja de una manera inadecuada, lo cual ocasiona una creciente contaminación acuática, siendo los ríos, lagos y mares los receptores finales de las evacuaciones residuales domésticas, efluentes de la industria y de las actividades minero- metalúrgicas (Tebutt 1993).

El agua es el fluido más valioso en el mundo, sin embargo el manejo de este recurso tan importante en nuestras vidas no ha sido el mejor. Por esta razón es necesario controlar la calidad de agua que es suministrada a determinada población, con la finalidad de garantizar propiedades adecuadas aptas para el consumo humano, según Mora (2003)

Según Sánchez, (1994), en las tres últimas décadas diferentes organizaciones en todo el mundo han mostrado preocupación por la preservación del medio ambiente acuático, y el aumento de contaminación, dentro de ellos están la OEA, la ONU, la FAO, el PNUMA, UNESCO, quienes financian o desarrollan programas de capacitación y de investigación.

La planta de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre, es la principal fuente de agua para la mayor parte de la población en el distrito de Sucre, no obstante, se desconocía la calidad del agua que ingresaba a la planta de tratamiento, como la calidad con la que esta abastecía a la población. En tal sentido, la presente investigación se considera pionera en esta temática y consistió en determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas que se consideran potencialmente tóxicos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA), los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (DS N° 015-2015-MINAM).

1.1 Problema de investigación

El agua que abastece a la planta de tratamiento del distrito en Sucre, proviene del manantial llamado La Quintilla que está alejado del sistema de tratamiento, recorre libremente, a través de tierras de cultivo y cerros que colindan con la localidad y es uno de los recursos hídricos más significativos para la población del distrito de Sucre, debido a que, es la fuente principal para el abastecimiento de agua potable y agua para riego de la población, sin embargo y a pesar de ser objeto de muchos estudios hidráulicos, biológicos y fisicoquímicos por parte de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento (JAAS), y también por parte de alumnos tesis y docentes de la Escuela Académico profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Cajamarca - sede Celendín, no se conocen aspectos relacionados con la calidad fisicoquímica y bacteriológica en la zona de estudio.

Pese al desconocimiento de algunas características químicas de la zona como es el contenido de metales pesados en los sedimentos, esta ha sido objeto de múltiples procesos de control e intervenciones tendientes a establecer un uso ambiental adecuado. Adicionalmente, el proceso de deterioro de la zona se ha venido incrementando con el crecimiento de los núcleos poblacionales y sus actividades productivas y de subsistencia, afectando así a toda la cuenca y los recursos para uso doméstico y riego principalmente. Asimismo, el uso creciente del recurso hídrico disminuye la biodiversidad de especies en los ecosistemas, reduciendo su potencial ictiológico con graves consecuencias sociales y económicas para los habitantes de la región (Falaki, 1994).

Debido a que la Junta Administradora de Agua y Saneamiento (JAAS), del distrito de Sucre no registra información documentada acerca de la calidad fisicoquímica, en ninguno de los compartimentos ambientales que hacen parte de este importante ecosistema, por lo tanto, se hizo necesario la realización de este estudio con el fin de evaluar las

concentraciones de estos contaminantes y el posible riesgo que representa para la biota que hace parte del mismo incluyendo el hombre.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua del sistema de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre en relación a los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles?

1.3 Objetivo de la investigación

Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua del sistema de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre en relación a los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles.

1.3.1 Objetivos específicos

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), sólidos totales (ST), turbiedad, sulfatos (SO_4^{2-}), cobre (Cu), cromo (Cr), aluminio (Al), nitratos, hierro (Fe) del sistema de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre.
- Comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos pH, temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), sólidos totales (ST), turbiedad, sulfatos (SO_4^{2-}), cobre (Cu), cromo (Cr), aluminio (Al), nitratos, hierro del sistema de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre con los parámetros establecidos por los ECAs y LMPs

1.4 Hipótesis de la investigación

La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua del sistema de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre supera las concentraciones de los parámetros establecidos por los ECAs y LMPs.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

En el Perú se han realizado diversos estudios de la calidad del agua, entre ellos el que reportan Alarcón y Peláez (2012), quienes estudiaron la “Calidad del Agua del río Sendamal en la provincia de Celendín, región Cajamarca, Perú: determinación mediante uso de diatomeas” que permitió determinar la Calidad del agua del río Sendamal, mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos y biológicos (diatomeas) en cinco estaciones de muestreo.

El mencionado estudio concluyó que la calidad fisicoquímica del agua no excede los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales, con excepción del potencial de hidrógeno (pH), fosfatos, nitritos y nitratos, parámetros que se incrementaron en la temporada húmeda, se logró demostrar una ligera contaminación orgánica, debido posiblemente a la cercanía de los cultivos y escorrentía formada por lluvias propias de la época.

Por otra parte Sánchez (2009), realizó el estudio del agua que beben los sucrenses y concluyó que no es potable porque carece de un tratamiento más agudo y de instalaciones apropiadas en la captación. Este análisis corrobora que en el agua existen residuos fecales.

Resultados del análisis realizado el 21 de mayo de 2009 en el laboratorio de Química Perú Ingenieros S.R.L. en la ciudad de Lima.

Análisis agua potable de una casa (captación poza de la Quintilla)

Tabla N° 01.

Fecha	DT	DCa	DMg	F	M	OH	Cl	NaCl	Fe	Turbiedad	pH	TDS
21/05/2009	178	160	18	0	188	0	0	6	0	100	8,3	200

Nota, La turbiedad máxima en aguas potables es de 5 UNT.

Conclusión, La altísima turbidez del agua indica que no hay una floculación adecuada o que esta etapa del proceso esté ausente en la planta de tratamiento y la falta de cloro residual indica que pueden existir microorganismos dañinos a la salud humana.

(Sánchez, 2009)

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 actividades antropogénicas y, particularmente el Pb, lo ha hecho en 500 veces en los últimos 2800 años, según análisis en la capa de hielo de Groenlandia. Este incremento se debe, entre otros, a la combustión de derivados alquílicos de Pb, 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 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 forman parte de los elementos que constituyen la corteza terrestre y, tanto los fenómenos geológicos como los antropogénicos, 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 según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2004). 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 periodo 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). Debido a ello, sus concentraciones en el ambiente deben ser controladas cuidadosamente (SEMARNAT, 2004).

2.2 Monitoreo ambiental

El monitoreo ambiental es una herramienta importante en el proceso de evaluación de impactos ambientales y en cualquier programa de seguimiento y control; también afirma que es un proceso de observación continua que implica la recolección sistemática de datos mediante equipos y metodología estandarizada que permite conocer la dinámica del objeto monitoreado (Sors, 1984)

Esta afirmación coincide con OEFA (2015), quien reporta que el monitoreo ambiental se realiza a efectos de medir la presencia y concentración de contaminantes en el ambiente, así como el estado de conservación de los recursos naturales.

2.3 Calidad del agua

La calidad del agua puede medirse a través de sus características física, químicas y biológicas. Cada una de ellas puede a su vez ser caracterizadas por distintos parámetros. La calidad fisicoquímica del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud (OMS, 2006), tras cortos o largos periodos de exposición (Rojas, 2002).

Aquellas aguas que cumplan con los estándares preestablecidos para el conjunto de parámetros indicadores considerados serán aptas para la finalidad a que se las destina. El agua para consumo humano (ACH) es

aquella utilizada para la ingesta, preparación de alimentos, higiene personal, lavado de utensilios y otros menesteres domésticos (OPS, 2003).

2.4 El agua

El agua es un líquido incoloro, casi inodoro e insípido, su fórmula química es H_2O , éste líquido esencial para la vida animal y vegetal, es muy empleado como solventes. El agua, al mismo tiempo constituye un recurso fundamental en el desarrollo de la vida humana y de la industria (Custodio 2001).

Además, afirma que el agua siempre ha sido utilizada por el hombre, pero hace poco que se ha percatado de su importancia y del peligro que puede tener en la salud, si esta no lleva la calidad sanitaria, para que pueda ser consumida con confianza por el ser humano y otros servicios, entre ellos domésticos, industriales, agrícolas, etc.

Se sabe que el origen de la vida estuvo en el agua, donde se desarrollaron los primeros organismos que al evolucionar pudieron colonizar la tierra. (Hem, 1985)

Asimismo el agua que obtenemos en la naturaleza no es químicamente pura, las aguas de consumo humano provienen del subsuelo y al pasar por diferentes estratos de la corteza terrestre arrastran sustancias de diferente naturaleza, algunas como el flúor y el yodo son provechosas para el hombre, otras, aunque no llegan a ser perjudiciales, producen colores, olores o sabores desagradables.

2.5 Agua potable

Es el agua apta para el consumo humano. La cual debe estar exenta de organismos capaces de causar enfermedades, de minerales y de sustancias orgánicas que provoquen efectos fisiológicos perjudiciales. Es por esto que varias organizaciones a nivel mundial como la organización panamericana de la salud (OPS), organización mundial de la salud (OMS), servicio de

sanidad pública de los estados unidos (USPHS) y organizaciones regionales, han trabajado para determinar parámetros y límites de medición y uso de agua potable, que varían un poco de acuerdo a la región y a exigencias o normativas de cada país. (Mora, 2003)

En el Perú para que el agua se considere potable, es decir apta para el consumo humano, debe cumplir con los rangos para los aspectos fisicoquímicos y microbiológicos, establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para el agua (ECA) y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

2.6 Parámetros de calidad del agua

Los parámetros de calidad del agua a evaluar pueden estar presentes en el agua y al uso de la misma (Eaton *et al.* 2005). Debido a que el área de estudio se encuentra dentro de una zona rural, los parámetros físicos y químicos que se determinan en cada punto de muestreo son: temperatura, pH, conductividad eléctrica, turbiedad, sólidos totales, hierro, sulfato, nitrato, aluminio, cobre, cromo. Las razones por las cuales se analiza cada uno de estos parámetros se describen en las siguientes secciones.

a. Parámetros de calidad física del agua

Los parámetros físicos permiten determinar cualitativamente el estado y tipo de agua.

a.1 Temperatura (T)

La temperatura se establece por la absorción de la radiación en las capas superiores del líquido. También afirman que la temperatura afecta directamente muchos procesos biológicos y fisicoquímicos, incluyendo a los nutrientes que se encuentran en el agua (Sánchez, 2009).

La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir. Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad

del recurso hídrico, como el pH, la conductividad eléctrica y otras variables físicas, químicas y biológicas, ya que una variación notable de la misma puede ejercer una acción beneficiosa o dañina. (Catalán, 1999)

a.2 Potencial de hidrógeno (pH)

Es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. El predominio de uno de esos iones va a determinar la acidez o alcalinidad de una muestra de agua. Un valor de pH puede determinar la presencia o no de vida acuática. (Matias y Cabanillas 1999), además el pH se mide en la denominada escala de pH, que se inventó para describir el amplio rango de concentraciones de hidronio en el agua sin necesidad de usar números ex potenciales.

a.3 Turbiedad (T)

La turbiedad es una medida de la cantidad de materia en suspensión que interfiera con el paso de un haz de luz a través del agua. Se expresa en unidades de nefelometrías de turbiedad (UNT) y se mide en un turbidímetro (OMS, 1998).

Es producida por materias suspendidas como arcilla o materia orgánica e inorgánica finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos (APHA *et al.* 1995). La turbiedad se elimina mediante procesos de coagulación, decantación y filtración.

a.4 Conductividad eléctrica (CE)

La conductibilidad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. La corriente eléctrica es transportada por iones en solución, por lo tanto, un aumento en la concentración de iones provoca

un aumento en la conductividad, la CE es indicativa del material ionizable total presente en el agua. Delgadillo et al. (2010),

a.5 Sólidos totales (ST)

Los ST es una medida de cantidad de solidos después de ser evaporado la fase acuosa a una temperatura superior a 100 °C. (OMS, 1998). En el agua para consumo humano, la mayoría de la materia orgánica se encuentra en forma de solidos disueltos y consiste en sales y gases disueltos. Los iones predominantes son el bicarbonato, cloruro, sulfato, nitrato, sodio, potasio, calcio y magnesio. Estas sustancias influyen sobre otras características del agua, tales como el sabor, dureza y tendencia a la incrustación (APHA *et al.* 1995).

Los sólidos totales son la sumatoria de los sólidos disueltos y de los sólidos en suspensión.

b. Parámetros de calidad química del agua

La calidad química está determinada por las sustancias de este tipo presentes en el agua recolectada en un punto específico y en un momento dado.

b.1 Sulfato (SO_4^{2-})

Los sulfatos son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico. La mayoría de sulfatos son solubles en el agua. (Hounslow, 1995).

b.2 Nitratos

Los nitratos son sales o ésteres. Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de uno pocos miligramos por litro. En muchas aguas subterráneas, se ha observado un incremento de los niveles de nitratos debido a la intensificación de las prácticas agrícolas y ganaderas. En algunos países, hasta un 10 % de la población puede estas expuesta a niveles de nitratos en agua potable superiores a 50 mg/L.

En general, cuando los niveles de nitratos en el agua potable se encuentran por debajo de los 10 mg/L, la fuente principal de toma de nitratos para los seres humanos son los vegetales. Cuando los niveles de nitratos en el agua potable superan los 50 mg/L, el agua potable será la fuente principal del consumo total de nitratos (OMS)

b.3 Aluminio (Al)

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la Tierra y en la Luna, pero nunca se encuentra en forma libre en la naturaleza. 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. (Custodio 2001).

El aluminio se conoce por su alta conductividad eléctrica y térmica, lo mismo que por su gran reflectividad. (Botelo, 1996)

Los compuestos de aluminio tienen diversos e importantes usos por ejemplo: El alumbre (sulfato de aluminio) en el tratamiento de aguas (Henry 1999).

b.4 Cobre (Cu)

Uno de los metales de transición e importante metal no ferroso. Su utilidad se debe a la combinación de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, así como a sus propiedades eléctricas y su abundancia. El cobre fue uno de los primeros metales usados por los humanos. (Giesy, 1989)

Su conductividad térmica y eléctrica es muy alta. Es uno de los metales que puede tenerse en estado más puro, es moderadamente duro, es tenaz

en extremo y resistente al desgaste. La fuerza del cobre está acompañada de una alta ductibilidad. Las propiedades mecánicas y eléctricas de un metal dependen en gran medida de las condiciones físicas, temperatura y tamaño de grano del metal. (Parking, 2001)

b.5 Cromo (Cr)

El cromo es un elemento blanco azulado, muy duro. El cromo nunca se halla en estado libre en la naturaleza, aunque sus compuestos están muy diseminados. Sus principales usos son la producción de aleaciones anticorrosivas de gran dureza y resistentes al calor y como recubrimiento para galvanizados. (Parking, 2001).

El cromo trivalente (III) ocurre naturalmente en el ambiente y es un elemento nutritivo esencial que el cuerpo requiere para promover la acción de la insulina de manera que los azúcares, las proteínas y las grasas puedan ser utilizadas por el organismo. Sus propiedades mecánicas, incluyendo su dureza y la resistencia a la tensión, determinan la capacidad de utilización. El cromo tiene una capacidad relativa baja de forjado, enrollamiento y propiedades de manejo. Sin embargo, cuando se encuentra absolutamente libre de oxígeno, hidrógeno, carbono y nitrógeno, es muy dúctil y puede ser forjado y manejado. Es difícil de almacenarlo libre de estos elementos. (Marzal, 2001)

b.6 Hierro (Fe)

Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético. El hierro es muy abundante en la naturaleza (forma parte del núcleo de la corteza terrestre) y es el metal más utilizado. El hierro se encuentra en muchos otros minerales y está presente en las aguas freáticas y en la hemoglobina roja de la sangre. (Falaki, 1999)

La presencia del hierro en el agua provoca precipitación y coloración no deseada; además tiene una conductividad eléctrica baja. El uso más

extenso del hierro (fierro) es para la obtención de aceros estructurales; también se producen grandes cantidades de hierro fundido y de hierro forjado. Entre otros usos del hierro y de sus compuestos se tienen la fabricación de imanes, tintes (tintas, papel para heliográficas, pigmentos pulidores) y abrasivos (Carlos, 2001).

2.7 Control fisicoquímico

El análisis o control fisicoquímico consiste en utilizar las interacciones energía-materia para efectuar la cuantificación o cualificación del analito (valoraciones instrumentales). Suele llamarse a los métodos fisicoquímicos métodos instrumentales de análisis. El cual consiste en conocer las características básicas, tales como el pH, temperatura, conductividad eléctrica, turbiedad, sólidos totales, cobre, aluminio, cromo, hierro, etc. Información que puede servirle como “Indicador de Calidad” y/o parámetro de medición. (OPS, 2003)

2.8 Límite máximo permisible (LMP) para agua

El MINAN (2010), es la medida de la concentración o del grado de elemento, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, el bienestar humano y el ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente.

2.9 Estándar de calidad ambiental (ECA) para agua

El MINAM (2016), manifiesta que los estándares nacionales de calidad ambiental fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica del trabajo de investigación

La presente investigación, se ejecutó en la planta de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre - provincia de Celendín (ver plano de ubicación)

Área de estudio

El área de estudio se ubica en el distrito de Sucre, provincia de Celendín (Figura 1). Está situada entre las coordenadas UTM WGS 84 zona 17S: 815340E – 9 230 936N a 2 742 msnm.

Descripción de la planta de tratamiento

La junta administradora de agua y saneamiento (JAAS) cuenta con una planta de tratamiento de agua potable ubicado en el distrito de Sucre, la cual abastece aproximadamente al 98 % de la población.

El agua es conducida por gravedad a través de conductos subterráneos, desde el manantial La Quintilla a la Planta de tratamiento, para luego pasar al reservorio y sistema de distribución.

Esta planta de tratamiento está ubicada en el distrito de Sucre al margen izquierdo de la carretera Sucre-Cajamarca.

Características de la planta de tratamiento

La planta de tratamiento, tiene un área de 294 m². Empezó a operar desde el año 2006, tiene un caudal de 3,87 L/s, comprende los siguientes procesos: poza de retención, 4 sedimentadores continuos, 2 filtros paralelos y una cámara final.

La poza de retención: Es aquella área que se encarga de la recepción del agua desde el manantial La Quintilla a través de 2 tuberías, tiene las siguientes dimensiones: largo: 1.94 m entre los dos, ancho 1.37 m y una profundidad de 1.0 m.

Sedimentador: En este proceso se encarga de remoción de partículas discretas por acción de la fuerza de gravedad. El sedimentador tiene las siguientes dimensiones: largo: 18.50 m entre los dos, ancho 4.30 m y una profundidad de 2.5 m.

Filtros: Retiene aquellos flóculos que no se detuvieron en el sedimentador. Este filtro está conformado por los siguientes materiales: piedra de 3, piedra de 2, piedra de 1, y piedra de ½ pulgada, grava y arena; de 70 cm de espesor cada uno de estos materiales. El filtro tiene las siguientes dimensiones: Largo: 10 m entre los dos, ancho 2.15 m y una profundidad de 2.5 m.

Cámara final: En esta cámara se realiza la desinfección agregando el hipoclorito de calcio de 65 – 75 %, tiene las siguientes dimensiones: largo: 62 cm entre los dos, ancho 47 cm y una profundidad de 1.42 m.

La distancia desde el manantial hasta la planta de tratamiento es de 850 m; desde la planta de tratamiento hasta el reservorio hay una distancia de 410 metros de longitud, el reservorio está construido de concreto armado de 75 m³ de capacidad con sus respectivos accesorios, del reservorio pasa seguidamente a la red de distribución de 1 781 metros de longitud y cuenta con 410 instalaciones domiciliarias.

3.1.1 Ubicación geográfica

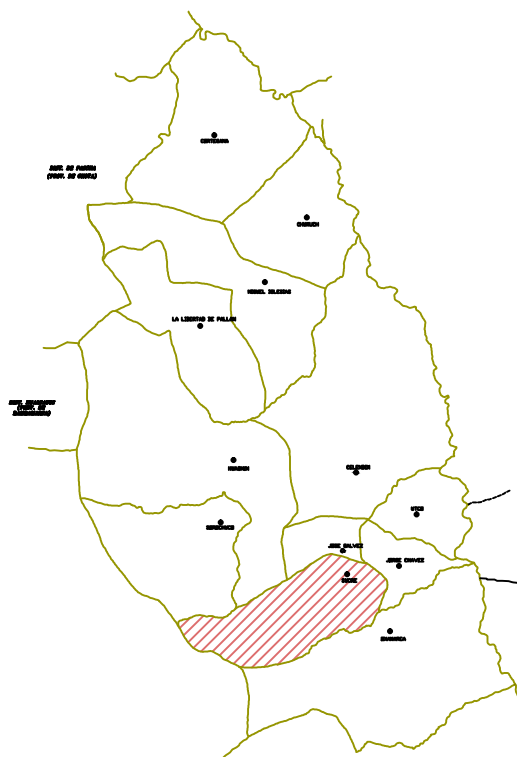
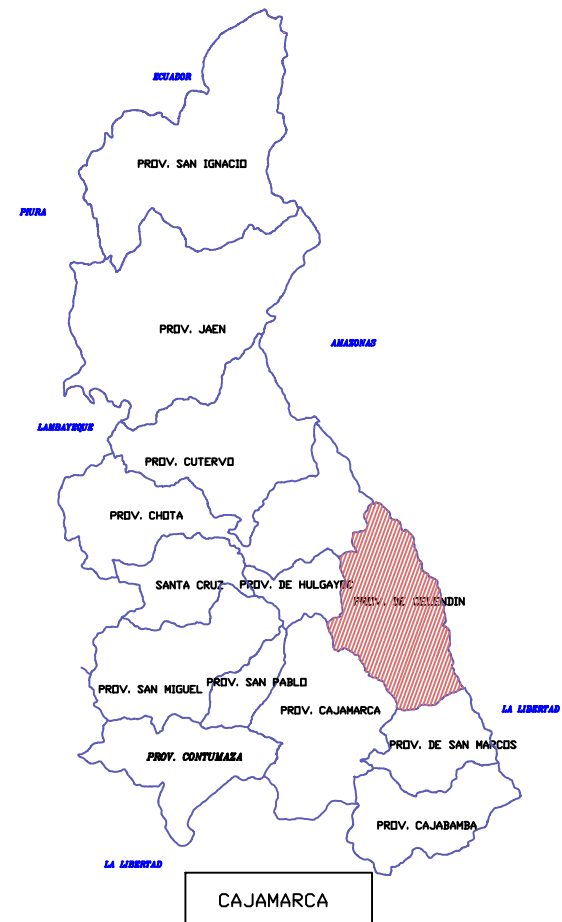
La extensión territorial del distrito de Sucre es de 173,32 km², (Fuente INEI-2009) se encuentra ubicada en la parte norte del Perú, en el departamento de Cajamarca, al sur este de la provincia de Celendín, cuyos límites son:

- Por el norte con el distrito de José Gálvez, Sorochuco y Huasmín.
- Por el oeste, provincia de Cajamarca, distrito de La Encañada.
- Por el sur con el distrito de Oxamarca.
- Por el este con Jorge Chávez, Oxamarca.

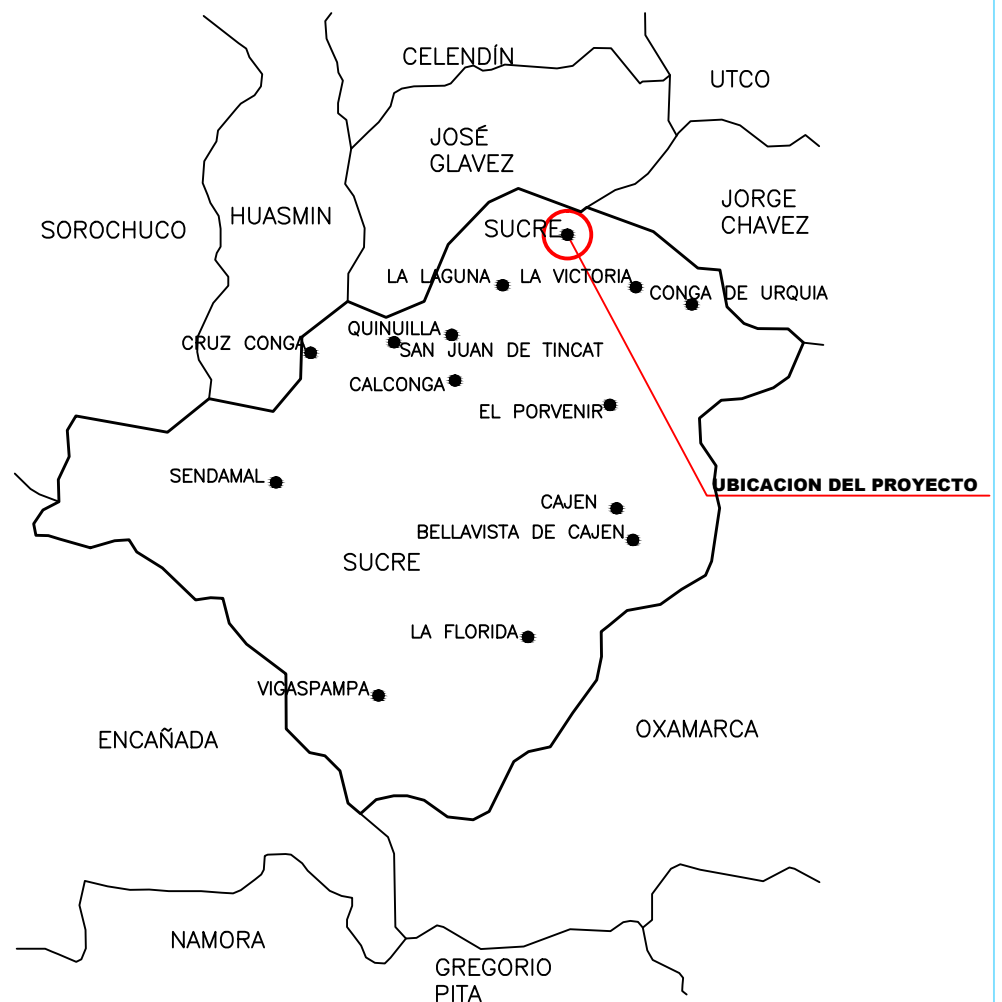
UBICACIÓN EN EL PERÚ



UBICACIÓN EN LA REGION CAJAMARCA



PROVINCIA DE CELENDÍN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

TESIS:

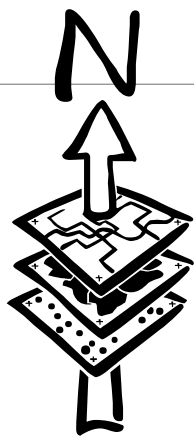
Control FisicoQuimico del Sistema de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Sucre

TESISTA:	Bach. Tamara Rosalía Castillo Díaz	ASESOR:	Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno
Departamento:	Cajamarca	Escala:	1:250 000
Provincia:	Celendín	Fecha:	28/12/2015
Distrito:	Sucre	Mapa N°:	01

PLANO SATELITAL DEL AREA DE ESTUDIO

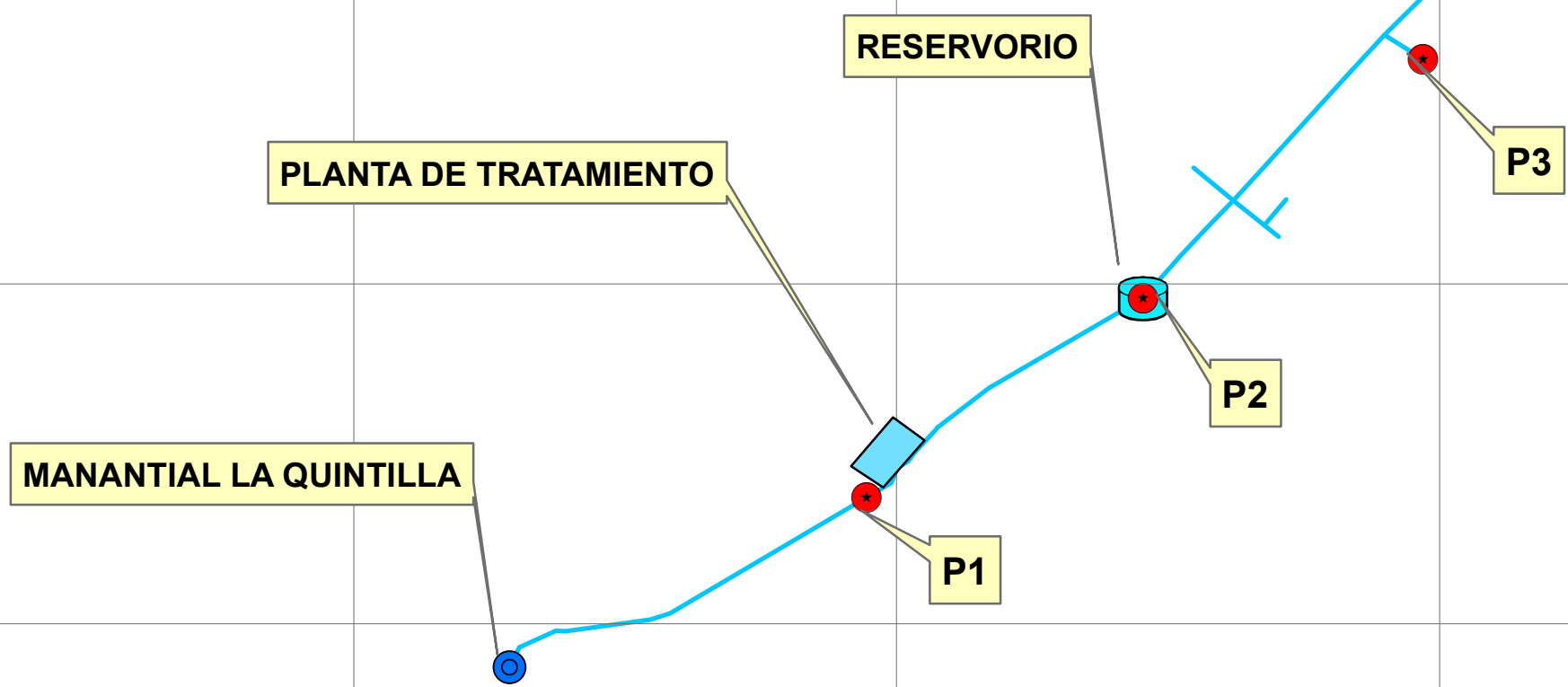
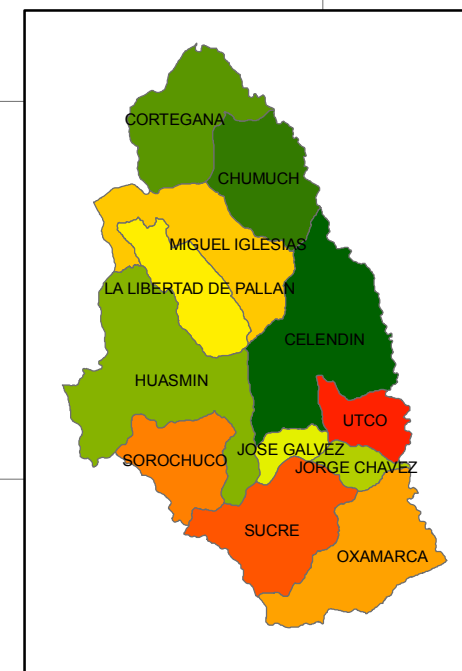
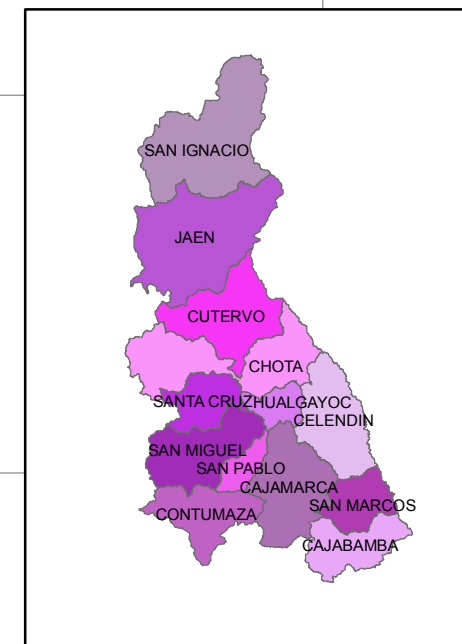


PUNTOS DE MONITOREO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE SUCRE



Leyenda

- Puntos de monitoreo
- Red de distribución



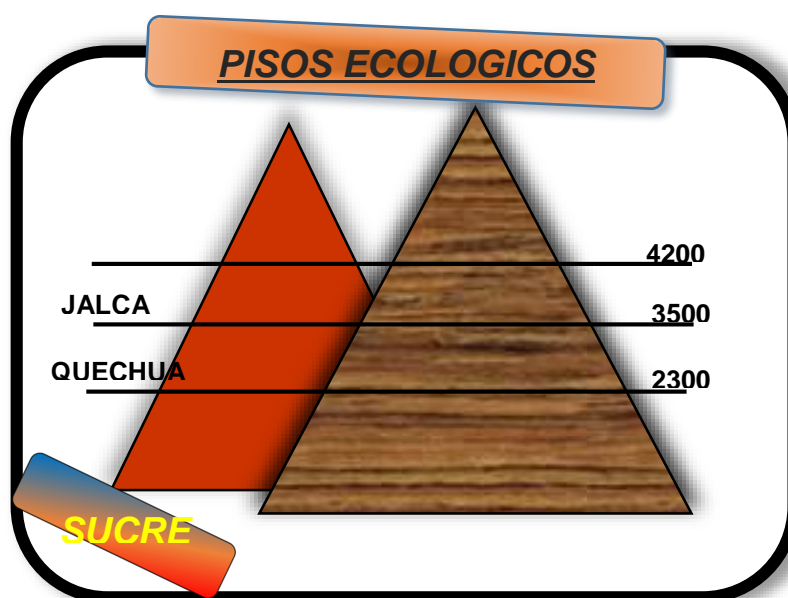
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL	
TESIS: CONTROL FISICOQUIMICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE SUCRE	
TESISTA: Bach. Tamara Rosalía Castillo Díaz	ASESOR: Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno
Departamento: Cajamarca	Escala: 1:10,000
Provincia: Celendín	Fecha: 28/12/2015
Distrito: Sucre	Figura N°: 02
DATUM: WGS 84 - ZONA 17 SUR	

3.1.2 Ubicación política

El distrito de Sucre se encuentra ubicada en la parte Norte del País, en el departamento de Cajamarca, al Sur Este de la provincia de Celendín, y a 2 662 m.s.n.m., en la pendiente oriental de los Andes.

Características del lugar

Figura Nª 01: Pisos Ecológicos del distrito de Sucre.



Fuente: Creación Propia.

Quechua

Es en esta región natural que se presentan las mejores condiciones para la actividad agropecuaria, por la configuración natural de climas templados a templado cálidos; que albergan una diversidad de formas de vida que permite un uso intensivo del espacio.

Es la zona de mayor concentración de la población en el distrito de Sucre, comprende un amplio territorio comprendido entre los 2 300 a 2 355 msnm. En general la actividad agrícola en la zona quechua, se sustenta en el uso del agua producto de las precipitaciones en forma temporal (agricultura de secano) y de algunas fuentes de

agua para regadío (agricultura bajo riego). El trabajo de investigación realizado se ubica en el piso ecológico de la quechua.

Clima

El clima de la zona está dominado por los efectos moderados de los Andes. En la ciudad, es templado; frío en las jalcas y cálido en las partes bajas conocidas con el nombre de temple o criollo.

Los meses más gélidos son los de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril; cayendo, en los tres últimos, fuertes lluvias. Los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre son soleados, presentando fuertes correntadas de viento en el mes de agosto.

Las temperaturas presentes en el distrito son:

- ✓ T° máxima: 20,10 °C
- ✓ T° mínima: 6,70 °C
- ✓ T° promedio: 13,60 °C
- ✓ Época o meses de lluvia: Octubre a abril
- ✓ Época o meses de estiaje: Mayo a septiembre

(PIGARS Celendín, pg. 112).

Población

Tabla 02. Población urbana y rural del distrito de Sucre.

Distrito	Total	Urbano		Rural	
		N°	%	N°	%
Sucre	5 862	1 120	19,1	4 742	80,9

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda - Datos actualizados a julio de 2009.

3.2 Materiales

3.2.1 Material de campo

- Muestras de agua
- Equipo multiparámetro (DELTA OHM HD 98569) para determina (pH, CE, ST, T°).
- Equipo de localización satelital (GPS)
- Equipo de comunicación (teléfonos celulares)
- Cámara fotográfica digital
- Balde
- Recipientes de muestreo (envases de plástico y vidrio)
- Etiquetas
- Material cartográfico
- Libretas de campo
- Pilas
- Papel
- Plumones tinta indeleble

3.2.2 Material y equipo de laboratorio

- Reactivos químicos: kits para determinar metales pesados y otros elementos: Cu, Cr, Fe, Al, nitratos, sulfatos,
- Espectrofotómetro (Merck SQ-118)
- Estufa (MENMERT).
- Balanza (SARTORIUS).
- Laptop
- Memorias USB
- Internet
- Copias fotostáticas
- Papel bond A4 de 80 gramos
- Juego de tinta para impresora
- Lapiceros
- Lápices
- Borrador

3.3 Metodología

3.3.1 Trabajo de campo

Para la realización del presente estudio fue necesario en primer lugar definir una estrategia, que permitiera obtener, las muestras posibles de agua. Para ello fue necesario contar con el permiso y autorización de la JAAS de Sucre que es la institución encargada de la vigilancia y control sanitario, la cual brindó todo el apoyo para la colecta de muestras. En segundo lugar, se verificó la disponibilidad del equipo de análisis y los laboratorios acreditados como la DESA, para contar con ellos en el momento necesario. Por último, se exploró la zona de investigación como es el manantial La Quintilla, el recorrido hasta la planta de tratamiento, el recorrido hasta el reservorio y la distribución

A partir de ello, se tomó la decisión de muestrear durante unos doce meses (período de lluvia y período de estiaje), de la siguiente manera: 41,7 % de muestreo en época de lluvia y 58,3 % en época de estiaje, sucesivamente, se ubicaron 3 puntos de monitoreo en campo de tal forma que se obtenían 1 muestra por cada punto de monitoreo mensual durante el período de 12 meses haciendo un total de 36 muestras. El punto P1 se ubicó a la entrada de la planta de tratamiento a una distancia del manantial de 850 metros, el punto P2 se ubicó en el reservorio ubicado a una distancia de 410 metros de la planta de tratamiento, el punto P3 se ubicó en una vivienda situada en la ciudad de Sucre, ubicado aproximadamente 830 metros desde el reservorio. (fig N° 02)

Muestreo

El agua se extrae mediante muestreo simple y se tomó una cantidad de 1 000 mL por cada punto. Del manantial la Quintilla, parte del agua se distribuye como agua potable a la planta de tratamiento, y luego a través de la red de servicio, a los domicilios bajo la vigilancia de la JAAS. Otra parte va a otros sectores para ser usados como regadío a sus tierras de cultivo.

Las tomas de muestra se hicieron en un horario entre las 8:00 y 13:00 horas los días martes a jueves. Una vez colectadas las muestras se trasladaron al laboratorio para el análisis fisicoquímico respectivo.

3.3.2 Trabajo de laboratorio

Se realizó el análisis de las muestras de agua de los diferentes puntos, en el laboratorio de química de la Universidad Nacional de Cajamarca – sede Celendín y el laboratorio de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA), especializado en análisis de muestras de agua, acreditado por el instituto nacional de defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual (INDECOPÍ), los análisis fueron tomados durante el período de un año, esto sumó un total de 36 muestras.

Las muestras fueron analizadas mediante método ICP óptico. Dicha técnica ofrece una serie de ventajas por su alta precisión, bajos límites de detección y costo relativamente bajo, lo cual permite detectar la mayoría de los elementos e isótopos de la tabla periódica de manera simultánea y al instante, por ello resulta ser la opción más apropiada en los últimos tiempos para la determinación de minerales, fósiles, metales traza y semiconductores, entre otros (Faulkner *et al.*, 1995).

El equipo utilizado para el análisis de muestras por espectrofotómetro Merck SQ118, del laboratorio de química de la escuela de Ingeniería Ambiental, para muestras líquidas, cuyas lecturas se reportan en mg/L. Este equipo utiliza la técnica de más auge en la actualidad por su

precisión (0,1 – 0,2 %), exactitud, selectividad, reproductibilidad, bajos límites de detección (ppb), amplio rango de linealidad, fácil calibración y su carácter de análisis multielemental, especialmente de elementos traza metálicos.

A. Parámetros fisicoquímicos

a.1) Determinación del aluminio

Juego de reactivos para el análisis fotométrico.

Intervalo de medida: 0,020 – 1,20 mg/L (ppm).

La cantidad de la muestra para fotometría depende del volumen de las cubetas previstas. Para un volumen de muestra de 10 mL debe utilizarse el doble de la cantidad de reactivos, y para un volumen de muestra de 20 mL, 4 veces la cantidad de reactivos según el modo de empleo.

Tratándose de cubetas rectangulares se prepara la mezcla primero en tubos de ensayo, mientras que en el caso de las cubetas frasco y redondas se hace la mezcla directamente en estas. Los recipientes de vidrio deben lavarse primeramente con ácido clorhídrico diluido y agua destilada. Se recomienda un examen previo del volumen de la muestra para comprobar si el volumen previsto es suficiente para cubrir el camino de los rayos del fotómetro. En la tabla N° 3 nos detalla el procedimiento a seguir en el espectrofotómetro, previo a la calibración del equipo que se encuentra en el manual de operación consignando el código correspondiente, o sino buscando en el mismo equipo la determinación del aluminio, para luego ajustar con a cero y proceder a la lectura.

Tabla 03. Determinación de aluminio

SISTEMA DE MEDIDA	SPECTROQUANT
OPERACIÓN	1.14825.0001
Numero de determinaciones	350
a) Toma de muestras (15 – 40 °C)	5 mL
b) Añadir Al-1A, disolver	1 cucharada azul
c) -	-
d) Añadir Al-2A, mezclar	1 carga de jeringa (1,2 mL)
d) Añadir Al-3A, mezclar	-
e) Añadir AL-4A	6 gotas
Tiempo de espera	4 min
f) Medida	Medición a 545 nm frente a la muestra en blanco

Fuente: Manual Merck

a.2) Determinación del cobre

Juego de reactivos para el análisis fotométrico

Intervalo de medida 0,02 – 6,00 mg/L

La cantidad de muestra para fotometría depende del volumen de las cubetas previstas. Tratándose de cubetas rectangulares, se prepara la mezcla primero en tubos de ensayo, mientras que en el caso de las cubetas frasco y redondas se hace la mezcla directamente en estas. En este último caso se aconseja comprobar previamente si el volumen previsto es suficiente para cubrir el camino de los rayos del fotómetro.

En la tabla N° 4 se muestra el procedimiento que se sigue en el espectrofotómetro de medición de la marca Merck, teniendo en cuenta que solamente se tomaron cantidades de 5 mL por cada muestra.

Tabla 04. Determinación del cobre

SISTEMA DE MEDIDA	SPECTROQUANT		
OPERACIÓN	1.14767.0001		
Numero de determinaciones	200		
a) Toma de muestras (T= 20 – 30 °C)	5 mL	10 mL	20 mL
b) Añadir Cu-1A, disolver	1 cucharada rasa (verde)		
c) Añadir Cu -2A, disolver	5 gotas		
Tiempo de espera	Dejar en reposo 5 minutos		
d) Medida	Colorimetría a 595 nm		

Fuente: Manual Merck

a.3) Determinación de cromo

Juego de reactivos para el análisis fotométrico

Intervalo de medida: 0,010 – 3,00 mg/L

La cantidad de muestra para fotometría depende del volumen de las cubetas previstas. Tratándose de cubetas rectangulares, se prepara la mezcla primero en tubos de ensayo, mientras que en el caso de las cubetas frasco y redondas se hace la mezcla directamente en estas. En este último caso se aconseja comprobar previamente si el volumen previsto es suficiente para cubrir el camino de los rayos del fotómetro.

Tabla 05. Determinación del cromo

SISTEMA DE MEDIDA	SPECTROQUANT
OPERACIÓN	1.14758.0001
Numero de determinaciones	650
a) Añadir Cr-1 ^a	1 micro-cucharada rasa (gris)
b) Añadir Cr-2A, (*)	6 gotas
c) Adición de la muestra (20 – 35 °C)	5 mL
Tiempo de espera	5 – 10 min
d) Medida	Medición a 540 nm

Fuente: Manual Merck

(*) Después agitar intensamente el recipiente de ensayo herméticamente cerrado hasta Cr-1A, este disuelto completamente.

a.4) Determinación del hierro

1. Método

Todos los iones hierro se reducen a iones hierro (II). Estos, en medio amortiguado con tioglicolato, forman con un derivado de triazina un complejo violeta rojizo que se determina fotométricamente.

2. Intervalo de medida

El intervalo de medida se observa en la tabla N° 6

Tabla 06. Intervalo de medida del Hierro.

Longitud de onda	Cubeta Mm	Intervalo de medida mg/L de Fe	Numero de determinaciones
565 nm	50	0,005 – 1,000	1 000
	20	0,03 – 2,5	
	10	0,05 – 5,00	

Fuente: Manual Merck

3. Campo de aplicación

Aguas subterráneas y superficiales, agua de mar, agua potable, aguas industriales, aguas residuales y de infiltración, alimentos tras preparación apropiada de la muestra.

4. Reactivos

- Ácido nítrico 65 %
- Varillas indicadoras pH
- Hidróxido de sodio 1 M
- Ácido clorhídrico 1,0 M

5. Preparación de la muestra

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras. Caso contrario conservar con ácido nítrico (1 mL por cada litro).
- El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 1 – 10. Si es necesario ajustar con solución de hidróxido sódico o con ácido clorhídrico.
- Filtrar las muestras turbias.

6. Técnica

- Pipetear en un tubo de ensayo 5 mL de la muestra preparada.
- Añadir 3 gotas del reactivo Fe-AN luego mezclar
- Dejar en reposo 3 minutos, luego introducir la muestra en el fotómetro.
- Para cubetas de 50 mm, el volumen de la muestra y la cantidad de reactivos deben ser dobladas.

7. Recomendaciones

- Ciertos fotómetros exigen una muestra en blanco.
- Para la medición fotométrica las cubetas deben estar limpias.
- La turbiedad después de acabada la reacción dan como resultado valores falsamente elevados.
- El valor de pH de la solución de medición debe encontrarse en el intervalo 3,2 – 4,5
- El color de la solución es estable durante 60 min.

a.5) Determinación de nitratos

1. Intervalo de medida

El intervalo se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 7. Determinación de Nitratos

Longitud de onda	Intervalo de medida	Numero de determinaciones
338 nm	0,10 – 25,0 mg/L de NO ₃ -N 0,45 – 11,0 mg/L de NO ₃ ⁻	90

2. Campo de aplicación

Aguas subterráneas y superficiales, agua de manantiales y pozos, agua potable, aguas industriales, aguas residuales y de infiltración, aguas minerales y medicinales, suelos y fertilizantes.

3. Reactivos

- Ácido amido sulfúrico
- Varillas indicadoras pH
- Hidróxido de sodio 1 M
- Ácido sulfúrico al 25 %

4. Preparación de la muestra

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras. Caso contrario conservar con ácido nítrico (1 mL por cada litro)
- Comprobar el contenido de cloruros con Merckoquant test de cloruros. Deben diluirse con agua destilada las muestras con más de 1,000 mg/L de Cl⁻
- Comprobar el contenido de nitritos con Merckoquant test de nitritos. Si es necesario, eliminar los iones nitritos interferentes (las cantidades indicadas son válidas para contenidos en nitritos hasta 50 mg/L): tratar 10 mL de la muestra con aproximadamente 50 mg de ácido amido sulfúrico y disolver. El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 1 – 3. Si es necesario ajustar con ácido sulfúrico, hervir brevemente y dejar enfriar.

- Comprobar el contenido de nitratos con merckoquant test nitratos. Deben diluirse con agua destilada las muestras con más de 111 mg/L de NO_3^-
- Filtrarlas muestras turbias.

5. Técnica

- Introducir con una jeringa de plástico en un tubo de ensayo 4 mL del reactivo NO_3^{-1}
- Añadir con una pipeta 0,5 mL de la muestra preparada (5 – 25 °C).
- Añadir con una pipeta 0,5 mL del reactivo NO_3^{-2} , luego mezclar.
- Dejar en reposo 10 minutos, luego introducir la muestra en el fotómetro.

6. Recomendaciones

- Ciertos fotómetros exigen una muestra en blanco.
- Para la medición fotométrica las cubetas deben estar limpias.
- Las turbideces después de acabada la reacción dan como resultado valores falsamente elevados.
- El color de la solución es estable durante 30 min. se recomienda observar exactamente el tiempo de reacción de 10 min.

a.8) Determinación de sulfatos

1. Método

En solución acuosa los iones sulfato forman, con los iones bario, sulfato de bario difícilmente soluble. La turbidez que así se produce se mide en el fotómetro. El procedimiento es análogo a EPA 375,4 y US Standard Methods 4500-SO₄²⁻.

2. Intervalo de medida

Tabla 8. Determinación de Sulfatos

Longitud de onda	Intervalo de medida mg/L de SO₄²⁻	Numero de determinaciones
525 nm	5 – 250,0	25

Fuente: Manual Merck

3. Campo de aplicación

Aguas subterráneas y superficiales, agua de mar, agua potable, aguas industriales, aguas residuales y de infiltración, aguas de calderas, soluciones nutritivas para fertilización.

4. Reactivos.

- Ácido clorhídrico 1,0 M
- Varillas indicadoras pH.
- Hidróxido de sodio 1M

5. Preparación de la muestra

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras.
- El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 2 – 10. Si es necesario ajustar con solución de ácido clorhídrico o hidróxido de sodio
- Filtrar las muestras turbias

6. Técnica

- Pipetear en un tubo de ensayo 5 mL de la muestra preparada.
- Añadir 1 micro-cuchara verde rasa del reactivo SO₄⁻¹K, luego agitar vigorosamente hasta que el reactivo se haya disuelto completamente.
- Dejar en reposo 2 min
- Luego introducir la muestra en el fotómetro.

7. Recomendaciones

- Ciertos fotómetros exigen una muestra en blanco.
- Para la medición fotométrica las cubetas deben estar limpias.
- Las turbideces después de acabada la reacción dan como resultado valores falsamente elevados.
- El valor de pH de la solución de medición debe encontrarse en el intervalo 1 – 2

a.9) Sólidos totales

Es la sumatoria de todos los sólidos presentes en una muestra de agua.

Método Gravimétrico:

1. Se calentó la cápsula de porcelana limpia y seca a 103 - 105 °C por una hora, luego se enfrió en un desecador y se pesó hasta obtener un peso constante.
2. Se tomó 100 mL de muestra y se depositó en la cápsula de porcelana tarada y se llevó a un horno de secado hasta sequedad, aproximadamente de 6 - 10 horas, a una temperatura de 103 – 105 °C.
3. Se enfrió en el desecador y se pesó, hasta obtener un peso constante.

a.10) Conductividad eléctrica

Capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica

1. Se lavó el electrodo con agua destilada
2. Se encendió el conductímetro, la pantalla mostró 0,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
3. Se introdujo el electrodo en la muestra directamente, apareció el resultado de la conductividad, con unidades de S/cm

a.11) Turbiedad

Está determinada por la cantidad de sólidos presentes en una muestra de agua, la cual se determina usando el espectrofotómetro Merck SQ 118. El procedimiento es el siguiente:

1. Se colectó la muestra representativa en un recipiente limpio. Se tomó 5 mL en un tubo de ensayo.
2. Se calibró el instrumento con el código 113 que corresponde a la medición de turbiedad,
3. Se colocó la muestra en blanco (agua destilada) y se hizo los ajustes del equipo.
4. Se introdujo la muestra en la celda de medición y presionar read. La pantalla mostrará la lectura correspondiente en unidades UNT

1.3.2 Trabajo de gabinete

Antes de realizar los registros mensuales de los parámetros pH, temperatura y conductividad eléctrica, se ha ajustado el equipo multiparámetro con las soluciones buffer de calibración, al igual que el espectrofotómetro Merck SQ-118.

La información obtenida en campo, consistió en la toma de una muestra al mes por cada punto de monitorio: P1 (antes de la entrada a la planta), P2 (reservorio), P3 (casa) mapa N° 02; producto de las lecturas de los parámetros de campo y análisis de las muestras de agua luego sistematizó e interpretó el comportamiento de los valores registrados, evaluándose con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 1, subcategoría A1 y Límites Máximos Permisibles establecidos por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

Se necesitó la utilización de software para elaboración de mapas, paquetes estadísticos, para las gráficas correspondientes a cada parámetro analizado.

Hojas de cálculo para los diferentes parámetros, siguiendo procedimientos científicos, fórmulas, leyes y enunciados.

Las concentraciones de parámetros obtenidas se graficaron y se compararon con los ECA_s y LMP_s establecidos por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

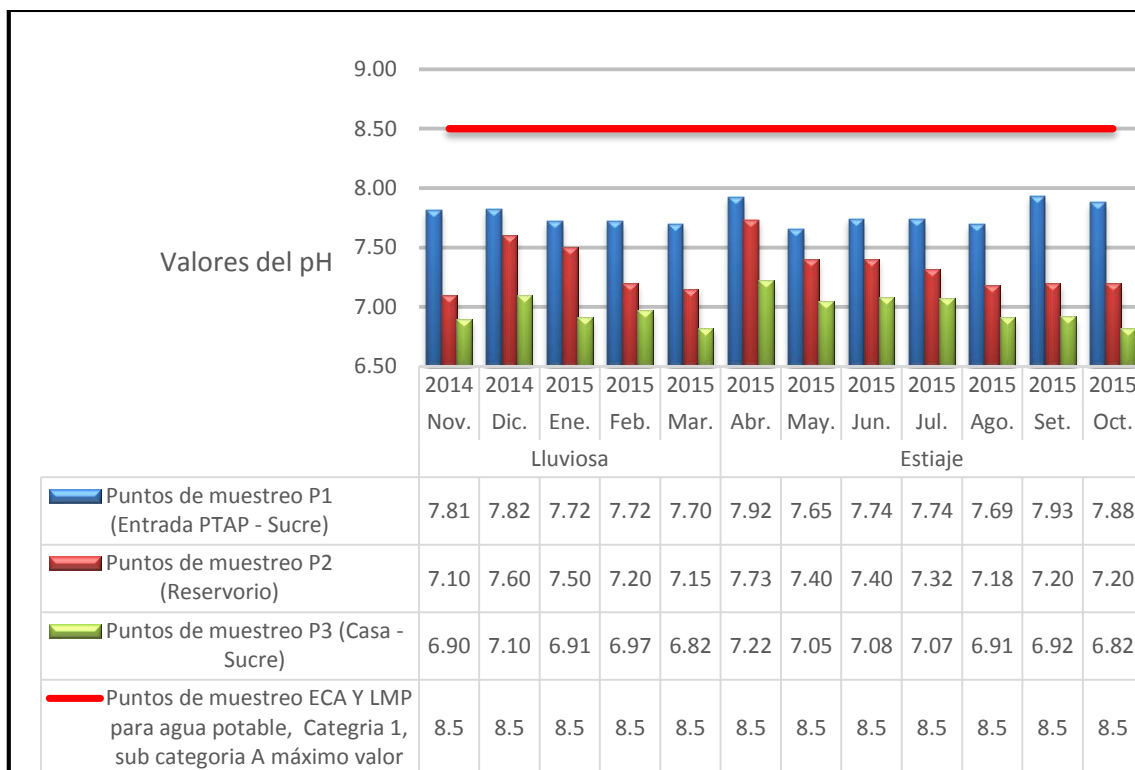
a) Valores de pH

Tabla 9. Valores de pH

EPOCA		LLUVIOSA					ESTIAJE						
MES/AÑO		Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.
		2014	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Puntos de muestreo	P1	7,81	7,82	7,72	7,72	7,70	7,92	7,65	7,74	7,74	7,69	7,93	7,88
	P2	7,10	7,60	7,50	7,20	7,15	7,73	7,40	7,40	7,32	7,18	7,20	7,20
	P3	6,90	7,10	6,91	6,97	6,82	7,22	7,05	7,08	7,07	6,91	6,92	6,82

Según el reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano a través de los Límites Máximos Permisibles y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categoría A1 establece como rango de pH para agua de consumo humano entre 6,0 – 8,5 para considerarla potable.

Figura 4. Valores de pH



Según se indica, los valores obtenidos de pH in situ, cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable, categoría 1, y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo.

El pH mínimo registrado corresponde al mes de marzo en el punto de muestreo P3 el cual fue de 6,82 y el máximo valor de pH fue registrado en el mes de setiembre en el punto de muestreo P1 el cual fue de 7,93, como se puede observar hubo una variación de pH el cual el valor mínimo registrado podría deberse a la baja temperatura o disminución de nutrientes, en caso contrario cuando la temperatura, los nutrientes y el pH incrementa.

Según Henry y Heinke (1999), Los contaminantes en el agua pueden causar un alto crecimiento de algas y crecimiento de plantas, como resultado del aumento de temperaturas o exceso de nutrientes, haciendo que los niveles de pH aumenten.

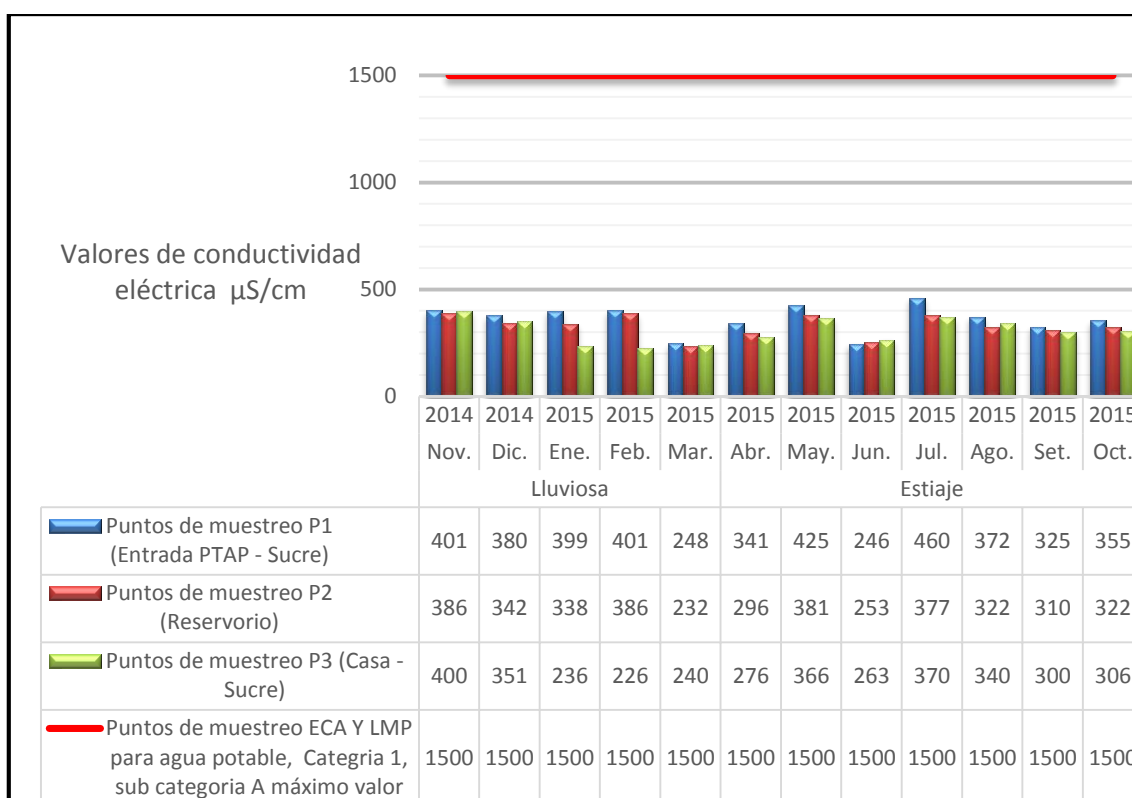
b) Valores de la conductividad eléctrica

Tabla 10. Valores de conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$

EPOCA		LLUVIOSA					ESTIAJE						
MES/AÑO		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct
		2014		2015									
Puntos de muestreo	P1	401	380	399	401	248	341	425	246	460	372	325	355
	P2	386	342	338	386	232	296	381	253	377	322	310	322
	P3	400	351	236	226	240	276	366	263	370	340	300	306

Según el reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano a través de los Límites Máximos Permisibles y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categoría A1 establece para la conductividad eléctrica es de 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para considerarla agua para consumo humano.

Figura 05. Valores de conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$



Según se indica, los valores obtenidos de la conductividad eléctrica, cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable, categoría 1, y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo.

Los valores encontrados de conductividad eléctrica oscilan entre 226 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto de muestreo P3 correspondiente al mes de febrero 2014 y 460 $\mu\text{S}/\text{cm}$. en el punto de muestreo P1 correspondiente al mes de julio 2015, esta variación podría deberse al incremento de la temperatura que se registró durante el monitoreo en dicho punto o al factor ambiental (época lluviosa o época estiaje) Y según (Sánchez 2006), un aumento en la temperatura, disminuye la viscosidad del agua y permite que los iones se muevan más rápidamente, conduciendo más electricidad.

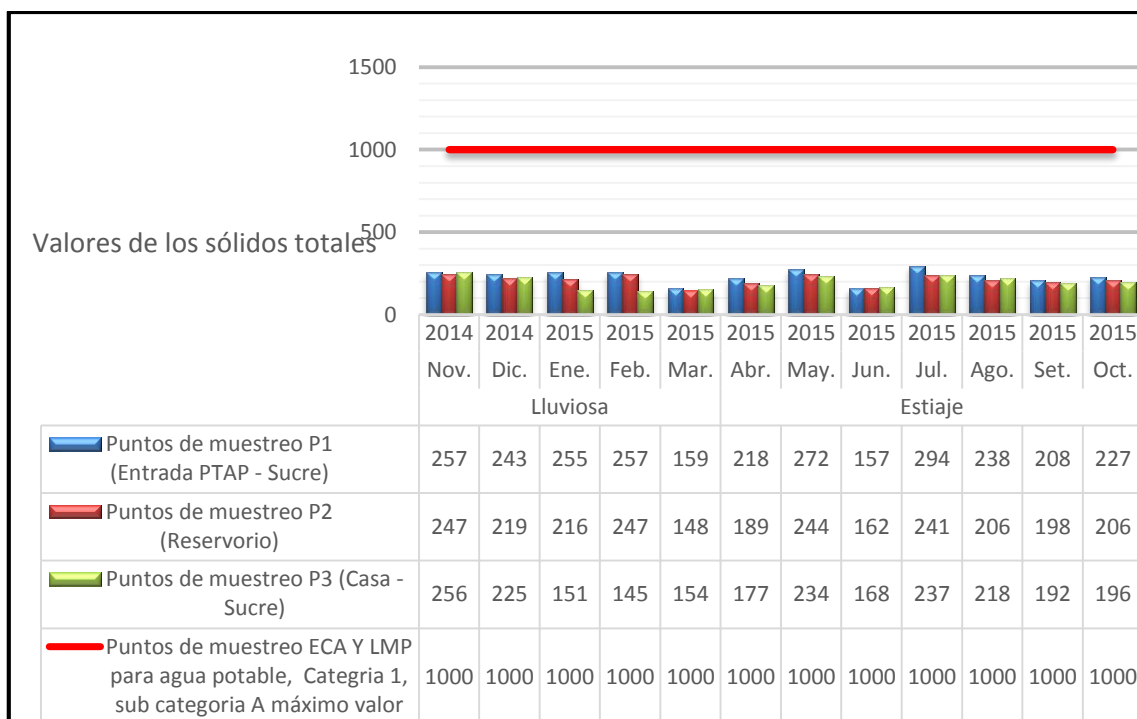
c) Valores de los sólidos totales

Tabla 11. Valores de los sólidos totales (mg/L)

POCA		LLUVIOSA					ESTIAJE						
MES/AÑO		Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.
		2014	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Puntos de muestreo	P1	257	243	255	257	159	218	272	157	294	238	208	277
	P2	207	219	216	247	148	189	244	162	241	206	198	206
	P3	256	225	151	145	153	177	234	168	237	218	192	196

Según el reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano a través de los Límites Máximos Permisibles y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categoría A1 establece para los sólidos totales disueltos se considera un valor de 1 000 mg/L para considerarla agua para consumo humano.

Figura 06. Valores de sólidos totales



Según se indica, los valores obtenidos de los sólidos totales, cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable,

categoría 1, y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo.

Los valores encontrados de sólidos totales oscilan entre 145 mg/L en el punto de muestreo P3 correspondiente al mes de febrero 2015 en época lluviosa y 294 mg/L. en el punto de muestreo P1 correspondiente al mes de julio 2015 en época de estiaje. Esta variación podría deberse a que en época de lluvia al pasar por diferentes estratos de la corteza terrestre arrastran sólidos los cuales al pasar por un tratamiento de sedimentación, filtración los sólidos (sólidos suspendidos) presentes disminuyen mientras que en época lluviosa los sólidos aumentan.

Según, Hem (1985), las aguas de consumo humano provienen del subsuelo y al pasar por diferentes estratos de la corteza terrestre arrastran sustancias de diferente naturaleza, algunas como el flúor y el yodo que pueden ser provechosas para el ser humano otras aunque no llegan a ser perjudiciales, producen colore, olores y sabores desagradables.

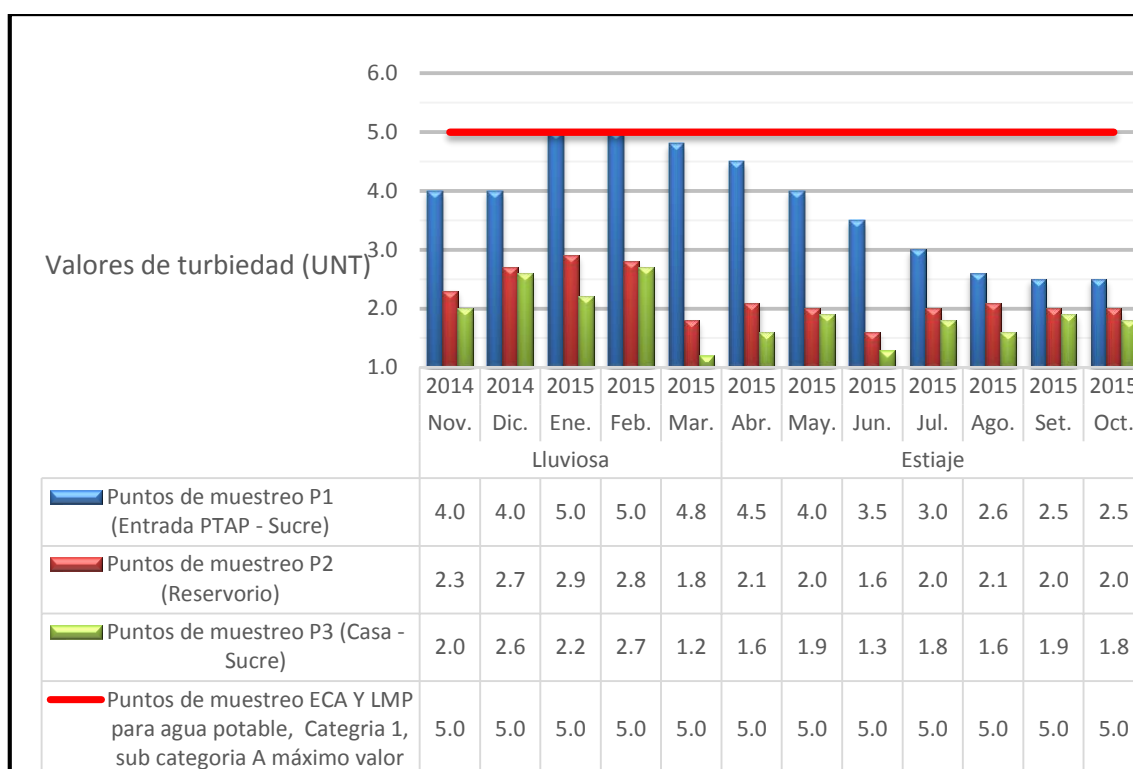
d) Valores de la turbiedad

Tabla 12. Valores de turbiedad (UNT)

EPOCA		LLUVIOSA					ESTIAJE						
MES/AÑO		Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.
		2014	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Puntos de muestreo	P1	4,0	4,0	5,0	5,0	4,8	4,5	4,0	3,5	3,0	2,6	2,5	2,5
	P2	2,3	2,7	2,9	2,8	1,8	2,1	2,0	1,6	2,0	2,1	2,0	2,0
	P3	2,0	2,6	2,2	2,7	1,2	1,6	1,9	1,3	1,8	1,6	1,9	1,8

Según el reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano a través de los Límites Máximos Permisibles y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categoría A1 establece para la turbiedad 5 UNT para agua de consumo humano y considerarla potable.

Figura 07. Valores de turbiedad (UNT)



Según se indica, los valores obtenidos de turbiedad, cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable, categoría 1, y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo.

La turbiedad mínima registrada corresponde al mes de marzo en el punto de muestreo P3 el cual fue de 1,2 UNT y el máximo valor de turbiedad fue registrado en el mes de enero y febrero en el punto de muestreo P1 el cual fue de 5 UNT, se observa que existe una variación el cual se presenta durante los meses de lluvia por lo tanto hay una alta concentración de partículas en suspensión como consecuencia del arrastre de los sedimentos; pero al pasar por el proceso de filtración de la planta de tratamiento de agua se observa que la turbiedad ha disminuido.

Según Arelys (2010), Las partículas en suspensión de una fuente de agua superficial provienen de arrastre, la erosión de suelos, de la disolución de sustancias minerales y de la descomposición de sustancias orgánicas. Además menciona que medir la turbiedad del agua influye en la aceptación del agua por parte de los consumidores, además reduce la eficiencia del proceso de tratamiento de agua durante la desinfección con agente químicos (cloro). La turbiedad también protege a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante.

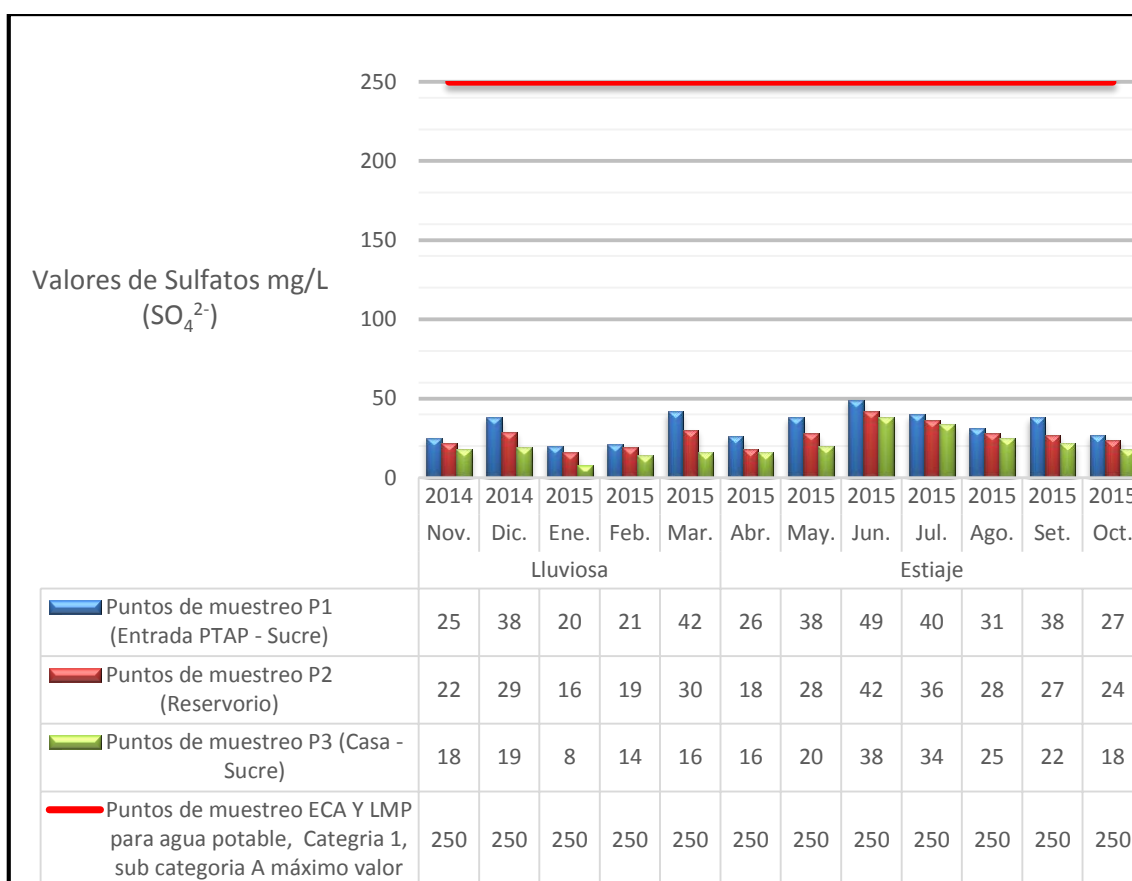
e) Valores de sulfato total mg/L (SO₄²⁻)

Tabla 13. Valores de sulfatos (mg/L) SO₄²⁻

EPOCA		LLUVIOSA					ESTIAJE						
MES/AÑO		Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.
		2014	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Puntos de muestreo	P1	25	38	20	21	42	26	38	49	40	31	38	27
	P2	22	29	16	19	30	18	28	42	36	28	27	24
	P3	18	19	8	14	16	16	20	38	34	25	22	18

Según el reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano a través de los Límites Máximos Permisibles y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categoría A1 establece los sulfatos el valor de 250 mg/L para considerarla potable

Figura 08. Valores de sulfatos mg/L (SO_4^{2-})



Según se indica, los valores obtenidos del sulfato, cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable, categoría 1, y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo.

El sulfato mínimo registrado corresponde al mes de enero en el punto de muestreo P3 el cual fue de 8 y el máximo valor de sulfato fue registrado en el mes de julio en el punto de muestreo P1 el cual fue de 49, eso se debería a que al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen minerales sulfatados, también puede haberse incrementado por la contaminación de las alcantarillas, los basureros en la parte alta de la cuenca que abastecen al manantial La Quintilla.

Según Reyes (2009), menciona que el sulfato (SO_4^{2-}) se encuentra en casi todas las aguas naturales, al moverse el agua a través de formaciones

rocosas y suelos que contienen minerales sulfatados, un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante. Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones.

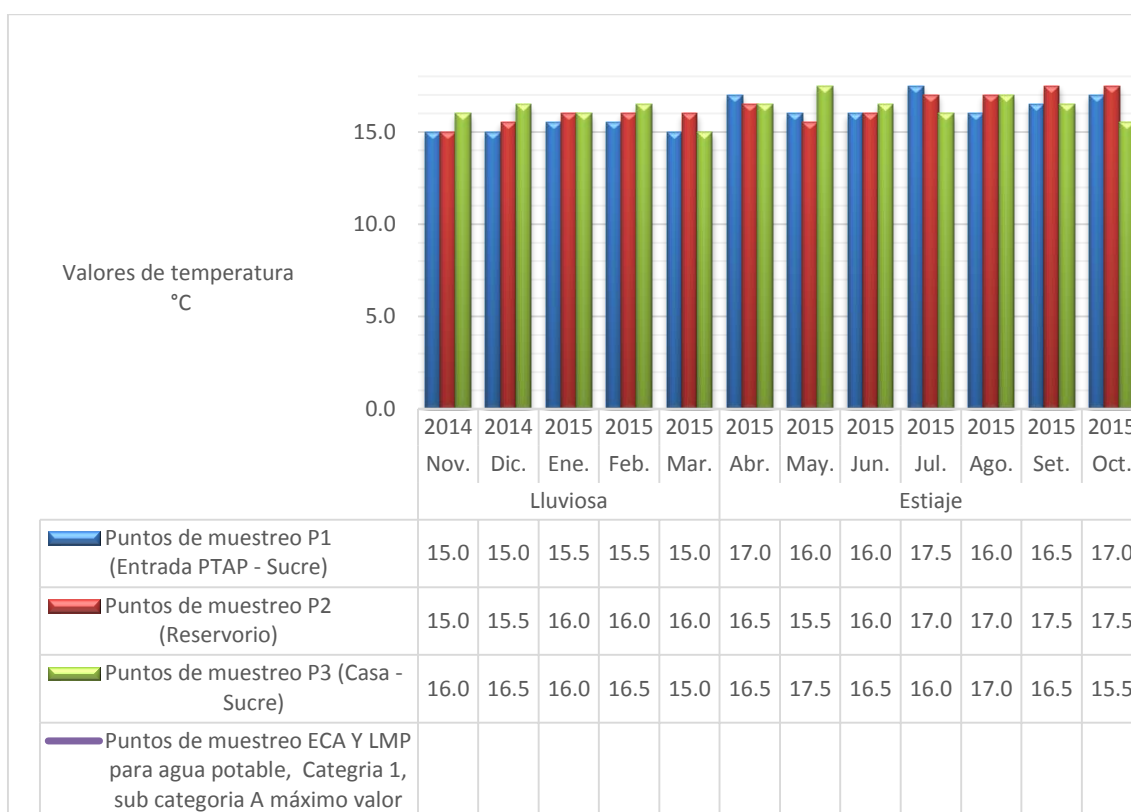
f) Valores de la temperatura

Tabla 14. Valores de temperatura (°C)

EPOCA		LLUVIOSA					ESTIAJE						
MES/AÑO		Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.
		2014	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Puntos de muestreo	P1	15,0	15,0	15,5	15,5	15,0	15,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,5	17,0
	P2	15,0	15,5	16,0	16,0	16,0	16,5	15,5	16,0	17,0	17,0	17,5	17,5
	P3	16,0	16,5	16,0	16,5	17,0	16,5	17,5	16,5	16,0	17,0	16,5	16,5

Según el reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano a través de los Límites Máximos Permisibles y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categoría A1 establece que la temperatura va tener una variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada para considerarla potable.

Figura 09. Valores de temperatura



Según se indica, los valores obtenidos de temperatura in situ, cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable, categoría 1, y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo.

La temperatura mínima registrada corresponde a los meses de noviembre, diciembre y marzo en el punto de muestreo P1, y en el mes de noviembre, en el punto de muestreo P2 el cual fue de 15,5 y el máximo valor de temperatura fue registrado en el mes de setiembre y octubre en el punto de muestreo P2, y en el mes de mayo del punto de monitoreo P3 el cual fue de 17,5. Estos cambios se debieron principalmente al factor ambiental haciendo que el medio receptor donde se encuentra sufra calentamiento sobre este.

Según Esparza (1987) Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad

biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente.

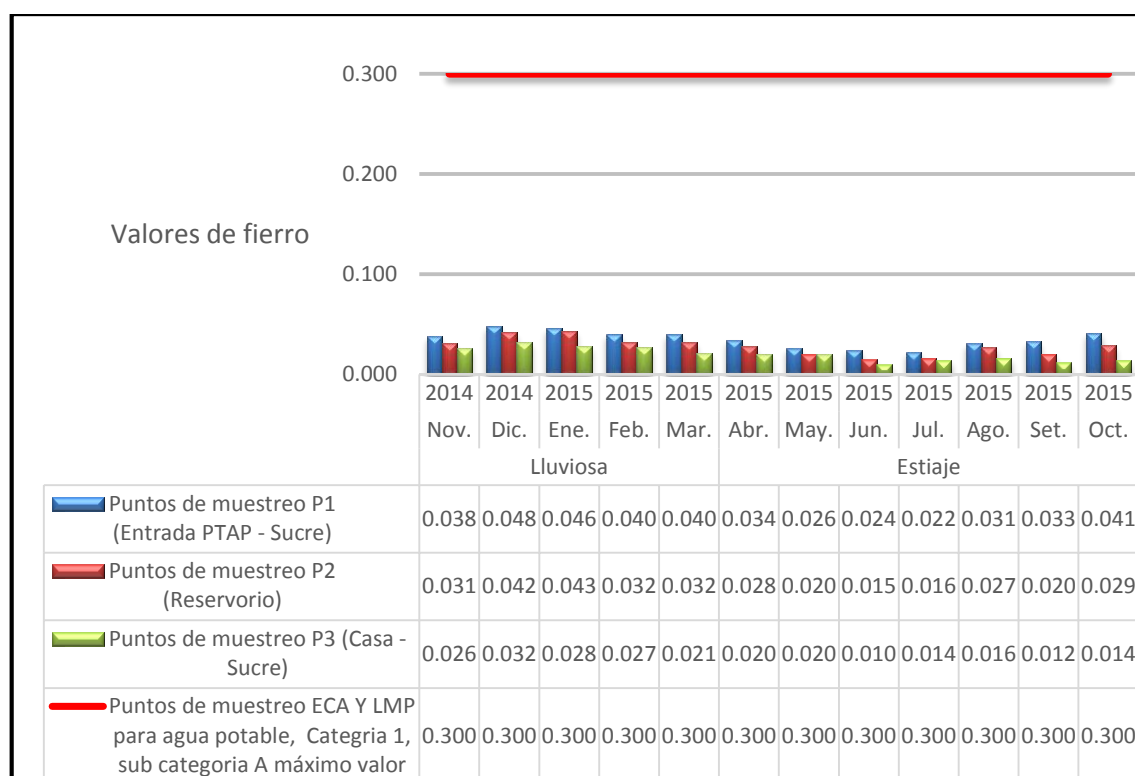
g) Valores de hierro total

Tabla 15. Valores de hierro mg/L

EPOCA		LLUVIOSA					ESTIAJE						
MES/AÑO		Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.
		2014	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Puntos de muestreo	P1	0,038	0,048	0,046	0,040	0,040	0,034	0,026	0,024	0,022	0,031	0,033	0,041
	P2	0,031	0,042	0,043	0,032	0,032	0,028	0,020	0,015	0,016	0,027	0,020	0,029
	P3	0,026	0,032	0,028	0,027	0,021	0,020	0,020	0,010	0,014	0,016	0,012	0,014

Según el reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano a través de los Límites Máximos Permisibles y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categoría A1 establece el valore del hierro de 0,3 mg/L para agua de consumo humano para considerarla potable

Figura 10. Valores de hierro



Según se indica, los valores obtenidos de hierro, cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable, categoría 1, y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo.

El hierro mínimo registrado corresponde al mes de junio en el punto de muestreo P3 el cual fue de 0,010 mg/L y el máximo valor de hierro fue registrado en el mes de diciembre en el punto de muestreo P1 el cual fue de 0,048 mg/L, esta variación podría deberse a la influencia de la época de lluvia ya que al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen estos minerales va a generar que el agua venga con este mineral.

Según Mendoza (2006) el hierro es un elemento común en la superficie de la tierra. A medida que el agua se filtra por el suelo y las piedras puede disolver estos minerales y acarrearlos hacia el agua subterránea.

Según Edeline (1990) menciona que el proceso de filtración realiza la alteración de las características del agua, inclusive de sus características químicas a través de su lecho filtrante.

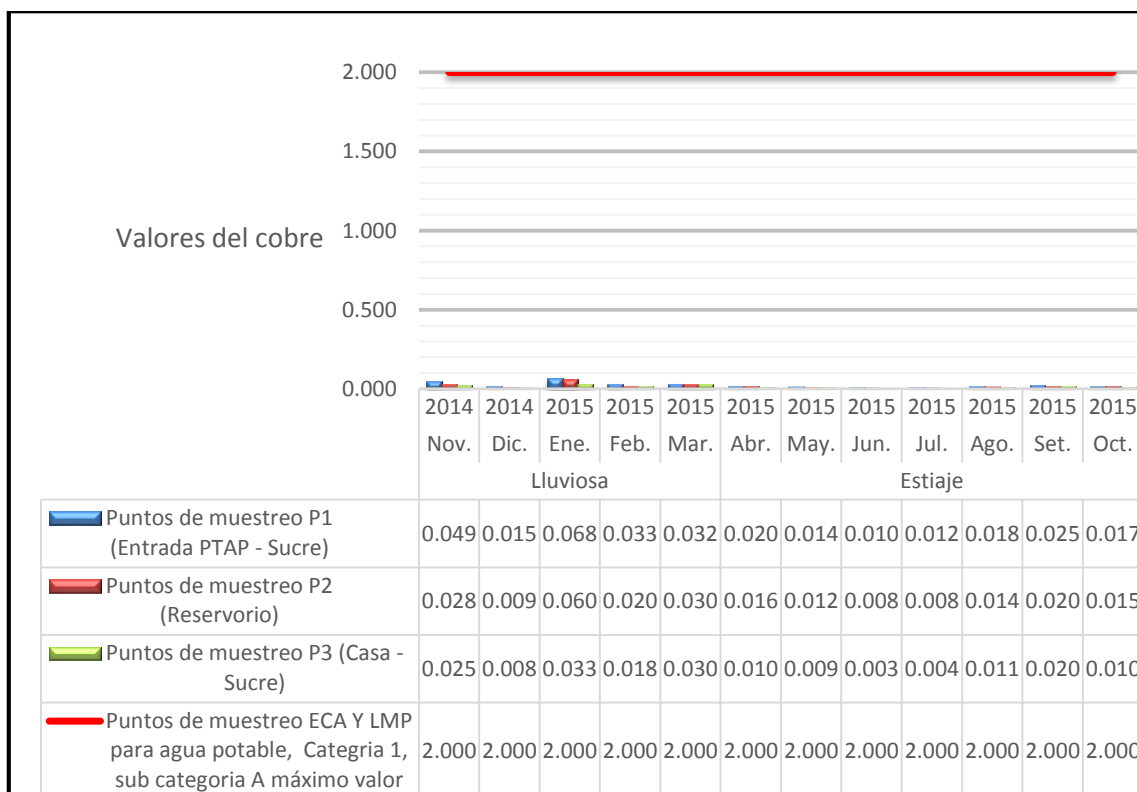
h) Valores del cobre total

Tabla 16. Valores de cobre mg/L

EPOCA		LLUVIOSA					ESTIAJE						
MES/AÑO		Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.
		2014	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Puntos de muestreo	P1	0,049	0,015	0,068	0,033	0,032	0,020	0,014	0,010	0,012	0,018	0,025	0,017
	P2	0,028	0,009	0,060	0,020	0,030	0,016	0,012	0,008	0,008	0,014	0,020	0,015
	P3	0,025	0,008	0,033	0,018	0,030	0,010	0,009	0,003	0,004	0,011	0,020	0,010

Según el reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano a través de los Límites Máximos Permisibles y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categoría A1 establece para el cobre un valor de 2 mg/L para agua de consumo humano para considerarla potable.

Figura 11. Valores de cobre



Según se indica, los valores obtenidos de cobre, cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable, categoría 1, y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo.

El cobre mínimo registrado corresponde al mes de junio en el punto de muestreo P3 el cual fue de 0,003 mg/L y el máximo valor de cobre fue registrado en el mes de noviembre en el punto de muestreo P1 el cual fue de 0,049 mg/L, esta variación podría deberse a la influencia de la época de lluvia ya que al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen estos minerales va a generar que el agua venga con este mineral, también podría ser sistema de distribución público o la grifería quien lo aporta.

Según Mendoza (2006) La presencia de cobre en aguas de consumo puede ser de origen natural o antrópico. Este último por efecto de lixiviación/corrosión a causa de las características físico-químicas de la matriz del agua que entra en contacto con los materiales que contienen Cobre

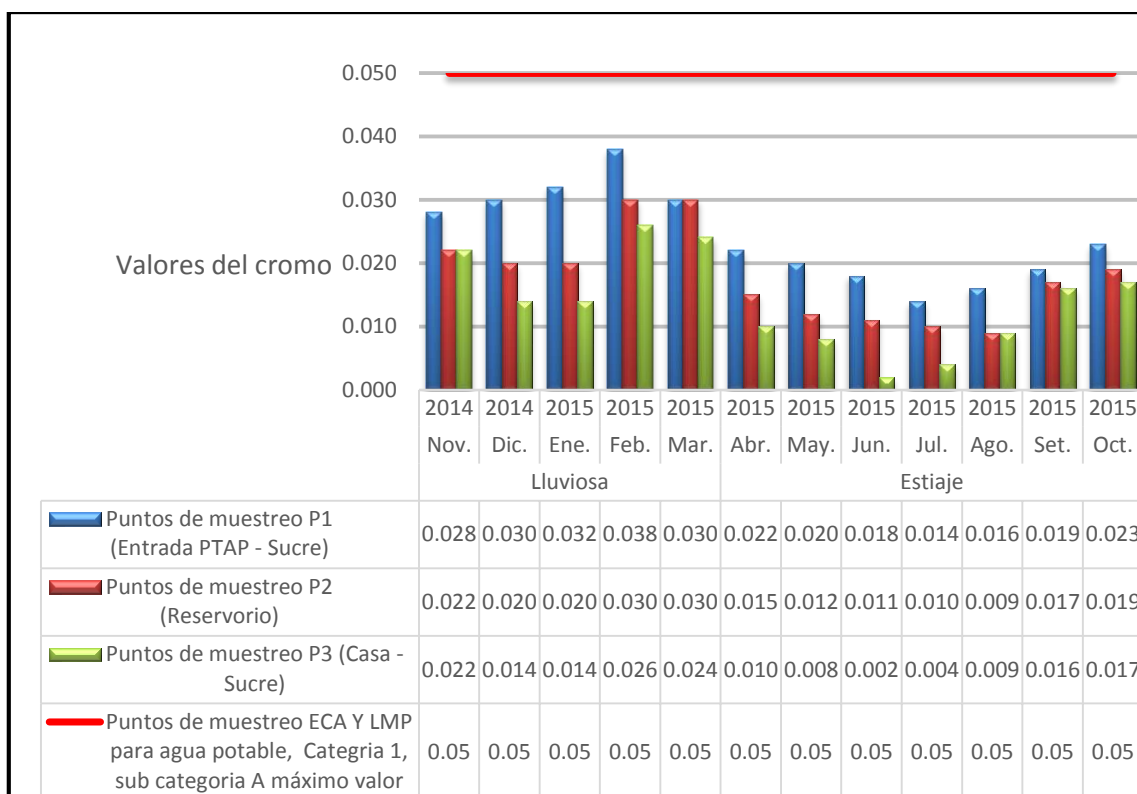
i) Valores del cromo total

Tabla 17. Valores del cromo mg/L

EPOCA		LLUVIOSA					ESTIAJE						
MES/AÑO		Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.
		2014	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Puntos de muestreo	P1	0,028	0,030	0,032	0,038	0,030	0,022	0,020	0,018	0,014	0,016	0,019	0,023
	P2	0,022	0,020	0,020	0,030	0,030	0,015	0,012	0,011	0,010	0,009	0,017	0,019
	P3	0,022	0,014	0,014	0,026	0,024	0,010	0,008	0,002	0,004	0,009	0,016	0,017

Según el reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano a través de los Límites Máximos Permisibles y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categoría A1 establece para el cromo un valor de 0,05 para agua de consumo humano entre para considerarla potable.

Figura 12. Valores de cromo



Según se indica, los valores obtenidos de cromo, cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable, categoría 1, y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo.

El cromo mínimo registrado corresponde al mes de junio en el punto de muestreo P3 el cual fue de 0,002 mg/L y el máximo valor de cromo fue registrado en el mes de febrero en el punto de muestreo P1 el cual fue de 0,038 mg/L. Como se observa la variación de cromo podría deberse a la época de lluvia y estiaje que se presentó, ya que al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen estos minerales va a generar que el agua venga con este mineral.

Según Mendoza (2006), elemento que se encuentra de forma natural en rocas, plantas y suelos, en donde existe en combinación con otros elementos para formar diversos compuestos, además menciona que la presencia del cromo en

las redes de agua potable puede producirse por desechos de industrias que utilizan sales de cromo

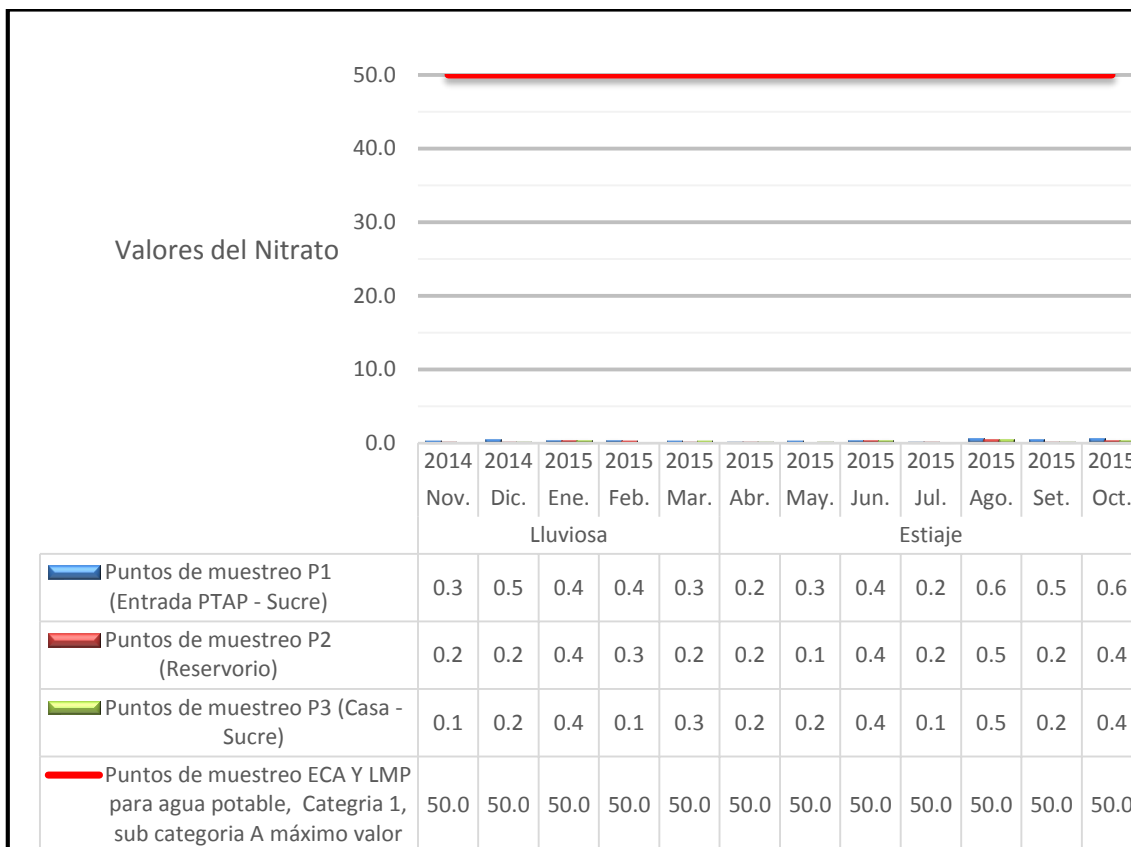
j) Valores de nitrato total

Tabla 18. Valores de nitrato (mg/L)

EPOCA		LLUVIOSA					ESTIAJE						
MES/AÑO		Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.
		2014	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Puntos de muestreo	P1	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,2	0,6	0,5	0,6
	P2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,4	0,2	0,5	0,2	0,4
	P3	0,1	0,2	0,4	0,1	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	0,5	0,2	0,4

Según el reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano a través de los Límites Máximos Permisibles y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categoría A1 establece para el nitrato un valor de 50 mg/L para agua de consumo humano para considerarla potable.

Figura 13. Valores de nitrato



Según se indica, los valores obtenidos de nitrato, cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable, categoría 1, y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo.

El nitrato mínimo registrado corresponde al mes de mayo en el punto de muestreo P2 y a los meses de noviembre, febrero y julio el cual fue de 0,1 mg/L y el máximo valor de nitrato fue registrado en los meses de agosto y setiembre en el punto de muestreo P1 el cual fue de 0,6 mg/L, la variación de los nitratos podría deberse a la influencia en la época de lluvia y la época de estiajes debido a la utilización de fertilizantes nitrogenados, que se infiltran en el suelo, y las descargas de desechos sanitarios en pozos ciegos o zanjas de absorción, que también terminan infiltrándose en el suelo.

Según Fernández (2002), menciona que el empleo de fertilizantes nitrogenados, excretas de animales, descargas de desechos sanitarios e industriales, y del uso como aditivos alimentarios (conservas de pescado y carnes) son la principal fuente de derivación, además alude que en las aguas naturales no se presentan niveles mayores de 1 mg/L.

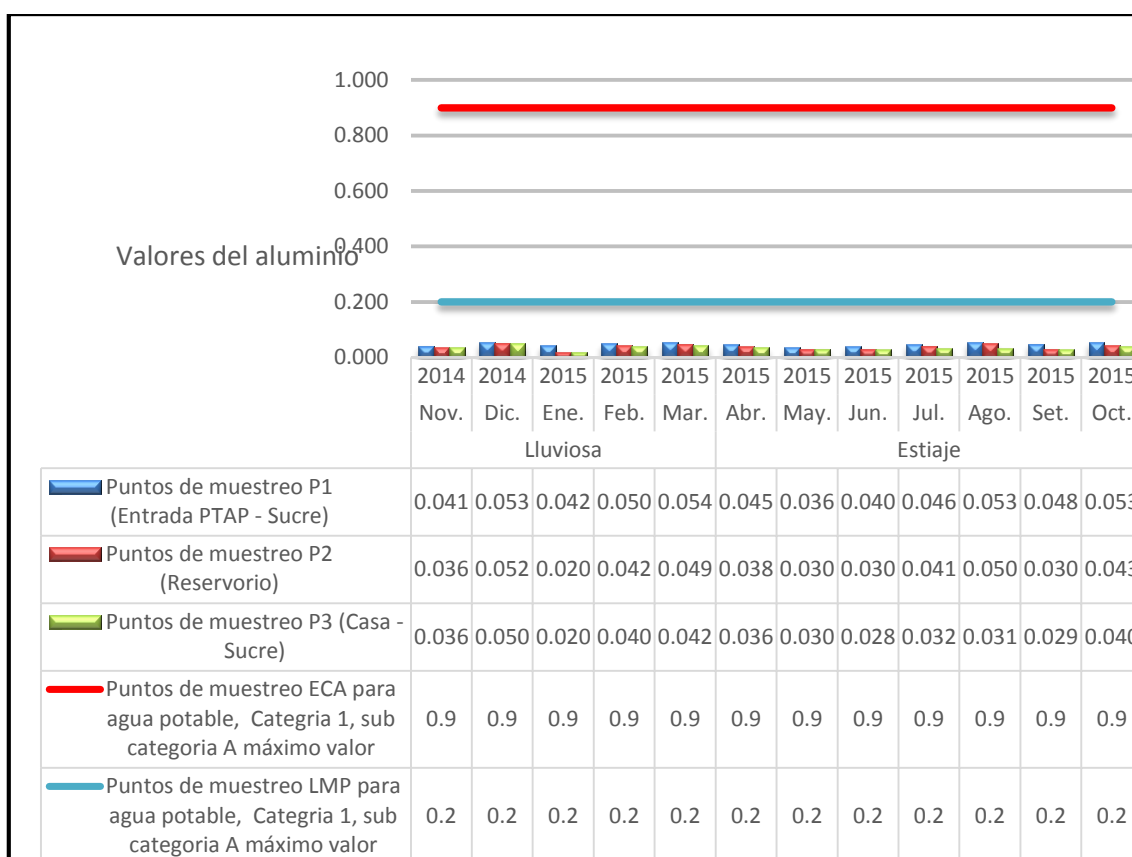
k) Valores del aluminio total

Tabla 19. Valores del aluminio mg/L

EPOCA		LLUVIOSA					ESTIAJE						
MES/AÑO		Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.
		2014	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Puntos de muestreo	P1	0,041	0,053	0,042	0,050	0,054	0,045	0,036	0,040	0,046	0,053	0,048	0,053
	P2	0,036	0,052	0,020	0,042	0,049	0,038	0,030	0,030	0,041	0,050	0,030	0,043
	P3	0,036	0,050	0,020	0,040	0,042	0,036	0,030	0,028	0,032	0,031	0,029	0,040

Según el reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano a través de los Límites Máximos Permisibles y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categoría A1 establece para el aluminio para agua de consumo humano entre 0,2 (LMP) – 0,9 (ECA) para considerarla potable.

Figura 14. Valores de aluminio



Según se indica, los valores obtenidos de aluminio, cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable, categoría 1, y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo.

Se puede observar que el nivel más alto de aluminio, se obtiene en el punto de monitoreo P1, correspondiente al mes de marzo 0,054 mg/L, y el nivel de aluminio más bajo se obtiene en el mes de setiembre 0,020 mg/L, correspondiente al punto de monitoreo P2. Se observa que los niveles de aluminio son muy bajos los cuales pueden haber sido obtenidos de la naturaleza, además existe poca variación entre los puntos de monitoreo.

Según Sánchez (1999), menciona que el aluminio es un componente natural de las aguas superficiales y subterráneas y que por procesos de erosión son arrastradas.



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

Solicitante: Tamara Rosalía Castillo Díaz
Dirección: Sucre

<u>DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)</u>	<u>CONTROL DE LABORATORIO</u>
Procedencia de la muestra: Sistema de Agua Potable	Fecha/hora de recepción: 29/01/15 – 11:50 h.
Fecha/hora de muestreo: 29/01/15 – 08:36 h.	Fecha de inicio del ensayo: 29/01/15 – 12:20 h.
Muestreado por: Tamara Rosalía	Comprobante de pago:
Localidad: Sucre	
Distrito: Sucre	DATOS DE LA MUESTRA
Provincia: Celendín	Código de Laboratorio: 046
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)	7.5	6.5 – 8.5	Método electrométrico. Parte 4500-H-B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Ed.
Conductividad (uS/cm²)	338	1500	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Edition.
Sólidos Totales Disueltos: STD (mg/l)	162.6	1000	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Ed.
Turbidez: (UNT)	2.65	5	Método Nefelométrico.
Cloro: Cl (mg/l)	0.00	0.5 – 1.0	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos: SO²⁻₄ (mg/l)	2.0	250	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro: Fe (mg/l)	0.043	0.3	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	0.006	2	Bicinchoninate Method. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo: Cr⁶⁺ (mg/l)	0.002	0.05	1,5 Diphenylcarbohydrazide Method Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO₂⁻ (mg/l)	—	3	Diazotization Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls)
Nitrato: NO₃⁻ (mg/l)	0.4	50	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls)
Aluminio: Al (mg/l)	0.002	0.2	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas



Cajamarca, 03 de Febrero de 2015.



Jorge Salazar Cabañas
Jorge Salazar Cabañas
BIOLOGO
C.B.P. 3511



LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° 0046 - 2015

Solicitante: Tamara Rosalía Castillo Díaz
Dirección: Sucre

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)	CONTROL DE LABORATORIO
Procedencia de la muestra: Sistema de Agua Potable	Fecha/hora de recepción: 29/01/15 - 11:50 h.
Fecha/hora de muestreo: 29/01/15 - 08:36 h.	Fecha de inicio del ensayo: 29/01/15 - 12:20 h.
Muestreado por: Tamara Rosalía	Comprobante de pago:
Localidad: Sucre	
Distrito: Sucre	DATOS DE LA MUESTRA
Provincia: Celendín	Código de Laboratorio: 046
Departamento: Cajamarca	Código dado por el Solicitante: -----

Código Lab	Muestra		Ensayos	
	Código dado por el usuario	Punto de muestreo	Coliformes Totales: 35°C (UFC/100 ml)	Coliformes Fecales: 44,5°C (UFC/100 ml)
046	-----	Sistema de Agua Potable	36	31

Nota: < 1 significa ausencia
Límite de Detección del Método: < 1

Método de ensayo: Método Estándar 9222 B,D
Filtración de Membrana. Cap. 9, Método 9222 B,D. APHA, AWW, WEF. 21 th ed. 2005



Lic. Esperanza G. Vargas Diaz
Zitóloga - Microbióloga - Parasitóloga
C.F.P. 8267

Cajamarca, 03 de febrero de 2015

INTERPRETACION DE RESULTADOS

DATOS GENERALES.

Solicitante: Tamara Rosalía Castillo Díaz

Dirección: Sucre

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante):

Procedencia de la muestra: Sistema de Agua Potable

Fecha/hora de muestreo: 29/01/2015 -08.36 h

Muestreado por: Tamara Rosalía

Localidad: Sucre.

Distrito: Sucre

Provincia: Celendín

Departamento: Cajamarca

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL:

ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUAS:

INFORME DE ENSAYO N° 046-2015.

- Según el Informe de Ensayo N°046-2015; Todo los resultados cumplen con los límites permisibles del D.S. N°031-2010-SA- Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUAS:

INFORME DE ENSAYO N° 0046-2015.

- Según el Informe de Ensayo N° 0046-2015; El resultado de Coliformes Totales y el resultado de Coliformes Fecales, no cumplen con los límites permisibles del D.S. N°031-2010-SA-Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

CONCLUSION:

- Respecto a los resultados de los análisis físico químico de aguas (Inf. de Ensayo N°046-2015), Todo los resultados cumplen con los límites permisibles del D.S. N°031-2010-SA- Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- Respecto a los resultados de los análisis microbiológicos de aguas (Inf. de Ensayo N° 0046-2015), el resultado de los Coliformes Totales y el resultado de Coliformes Fecales; no cumplen con los límites permisibles del D.S. N°031-2010-SA- Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- Para utilizar el agua de la fuente muestreada; Debe tener un sistema de tratamiento adecuado para la Cloración, a fin de que cumpla con los parámetros indicados en la normatividad vigente de agua para consumo humano.(D.S. N°031-2010-SA).

Cajamarca, 05 de Febrero 2015.




Ing. Armando Casahuamán Marín
Resp.USB.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo a los resultados de calidad de agua se puede apreciar que la calidad del agua distribuida durante el período de estudio, es relativamente buena en cuanto a la calidad fisicoquímica, cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento de la Calidad de Agua Para Consumo Humano y los Estándares de Calidad Ambiental.

La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua del sistema de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre está conforme con los valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos durante el análisis en relación con los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles.

La concentración de los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), sólidos totales (ST), turbiedad, sulfatos (SO_4^{2-}), cobre (Cu), cromo (Cr), aluminio (Al), nitratos, hierro (Fe) del sistema de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre arrojaron bajas concentraciones por lo tanto se considera agua apta para consumo humano.

Los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos pH, temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), sólidos totales (ST), turbiedad, sulfatos (SO_4^{2-}), cobre (Cu), cromo (Cr), aluminio (Al), nitratos, hierro del sistema de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre al comparar con los parámetros establecidos por los ECAs y LMPs se observó que se encuentran por debajo de los parámetros establecidos (ECAs y LMPs).

5.2 Recomendaciones

Realizar un estudio periódico del estado de la calidad el agua de la planta de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre y mantener un registro actualizado del estado actual.

Se recomienda realizar un estudio complementario a este trabajo, para determinar la concentración de metales pesados, microbiológicos, parasitológicos.

Realizar un estudio complementario de coliformes fecales y coliformes totales, para disminuir su presencia en el agua de la planta de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Alarcón, N; Peláez, F. 2012. Calidad del agua del río Sendamal (Celendín, Cajamarca, Perú): determinación mediante uso de diatomeas, 2012. Revista científica de la facultad de ciencias biológicas, Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Trujillo, PE. 50 Pág.
- APHA (American Public Health Association, US); AWWA (American Water Works Association, US); WPCF (Water Pollution Control Federation, US). 1995. Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Madrid, Díaz de Santos, S.A.
- Appelo, C.A.J.; Postma, D. 1994. Geochemistry, groundwater and pollution. Rotterdam, Netherlands, Balkema. 536 p.
- Auquilla, R.C.; Astorga, Y.; Jiménez, F. 2006. Influencia del uso del suelo en la calidad del agua en la subcuenca del río Jabonal, Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente 48: 81-92.
- Catalán Lafuente, J. 1969. Química del Agua. Madrid. Editorial. Blume,
- Castro de Esparza, María Luisa. Parámetros físico-químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua. Lima, CEPIS, 1987
- Código del Medio Ambiente y Los Recursos Naturales .2002. 1 ed. Ediciones El Comen. Lima – Perú. 128 p.
- Chapman, D. 1996. Water Quality Assessment. A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring. 2 ed. London, UNESCO/WHO/UNEP. 626 p.
- Chavarria, L.; Mora, P.; Hakanson, E.; Molina, F.; Vega, E.; Torres, Y.; Vallejos, O.; Yock, A.; Lezama, G.; Castro, S. 2006. Miravalles Consulting Panel Meeting Development Strategies of the Pailas Geothermal Field. Guayabo, Costa Rica, Instituto Costarricense de Electricidad. 79 p.
- Chávez Aliaga, Nazario. 1967. Sucre (el huaco). Imp. Editora Atlantida s.a. Lima. Pág. 99.

- Chevalier, J.M. 2007. La Identificación Nominal. En: La Guía Sistemas de Análisis Social (SAS) (en línea). Consultado 10 may. 2008. Disponible en <http://www.sas2.net/index.php?mact=News,cntnt01,detail,0&cntnt01articleid=10&cntnt01origid=99&cntnt01returnid=85>
- Chica-Olmo, M.; Carpintero-Salvo, I.; García-Soldado, M.J.; Luque-Espinar, J.A.; Pardo Iguzquiza, E.; Rigor Sánchez, J.P. 2005. Una aproximación geo estadística al análisis espacial de la calidad del agua subterránea. *GeoFocus* no. 5: 79-93.
- Chow, V.T.; Meidment, D.R.; Mays, L.W. 1994. *Hidrología Aplicada*. M. E. Suarez R. Ed. J. G. Saldarriaga. Trad. Santafé de Bogotá, Colombia, McGraw-Hill Interamericana, S.A. 584 p.
- CIRA-UAEM (Centro Interamericano de Recursos del Agua- Universidad Autónoma del Estado de México, MX). 2005. *Recursos Hídricos. Conceptos básicos y estudios de caso en Iberoamérica*. Eds. C.D. Delgado; M.V. Esteller; F. López-Vera. Montevideo / Toluca, Piriguazu Ediciones. 747 p.
- Cortes-Lara, M.C. 2003. Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. *Rev. Biomed* 14: 121- 123.
- Cude, C.G. 2001. Oregon Water Quality Index: A tool for evaluating Water Quality Management Effectiveness. *Journal of the American Water Resources Association* 37(1): 125-137.
- 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. P.18.28-18.31.
- Dean, J.M., 1992. Trade and the environment: a survey of the literature. In: Low, P. (Ed.), *International trade and the environment*. World Bank Discussion Paper No. 159.
- Deering, C.D. 2005. Petrogenesis of Distinct Silicic Magma Types from the Lower Pleistocene Guachipelin Caldera, NW Costa Rica: Extensive Magma Mixing and Protracted Subvolcanic Residence. Thesis M.Sc. Michigan, USA, Michigan State University, 199 p.

- Díaz C. 1999. Minería, Petróleo y Medio Ambiente Centro de Investigación Geográfica y Recursos Naturales – CIGREN, Ediciones la Esperanza, Lima Perú 238 Pág.
- Eaton, A.D.; Clesceri, L.S.; Rice, E.W.; Greenberg, A.E. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. Estados Unidos, Centennial Edition. 167 pp.
- Enger, E; Smith, B. 2006. Ciencia Ambiental, un estudio de interrelaciones. 1 ed. Mcgraw – Hill/Interamericana Editores S.A. 476 p.
- El Falaki et.al. 1994. Metales pesados y componentes mayoritarios en sedimentos.
- Esparza, M; Castro L. 1987. Curso/Taller sobre Control de Calidad Analítica: Parámetros Físicoquímicos que influyen en el Tratamiento y la Calidad del Agua, Lima – Perú.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.). 2000. ArcView GIS. (Programa de cómputo). Version 3,3. New Delhi, India. 1 disco compacto, 13 cm.
- Fallas, J. 2004. Configuración de receptores Garmin Lambert Norte, Sur y CRTM. Costa Rica, Universidad Nacional. 2 p.
- Fallas, J.; Valverde, C. 2008. Manejo y Priorización de Cuencas Hidrográficas. Principios, criterios e indicadores. Costa Rica, Universidad Nacional. 54 p.
- Fawell, J.; Nieuwenhuijsen, M.J. 2003. Contaminants in Drinking Water. British Medical Bulletin 68:199-208.
- Fernández P. “Toma y tratamiento de muestras” colección biblioteca de químicas ed. Sintesis, 2002.
- Foster, S.; Hirata, R.; Gomes, D.; D’Elia, M.; Paris, M. 2003. Protección de la Calidad del Agua Subterránea. México D.F., Ediciones Mundi-Prensa, 127 p.
- Gámez, L. 2002. Agua transparente...deuda invisible. En Octavo Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Costa Rica, Litrografía e imprenta Lil, S.A., 40 p.

- 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 Manjón, J.V. (2008) "Concentración de Sectores Intensivos en Conocimiento y de AltaTecnología: el Caso de España", Journal of Technology Management and Innovation, Vol 3 nº4; pp. 66-79. ISSN: 0718-2724
- Geotecnologías. 2000. Mapa de la división político-administrativa de Costa Rica. San José, Costa Rica, Escala 1:200 000. 1 Shape.
- Gherardi, F.; Panichi, C.; Yock, A.; Gerardo-Abaya, J. 2002. Geochemistry of the Surface and Deep Fluids of the Miravalles Volcano Geothermal System (Costa Rica). Geothermics 31: 91-128.
- Glim, H; Heinke G. 1999. Ingeniería Ambiental. 2 ed. Prentice Hall. México.
- Hunt, D; Johnson, C. 1996. Sistema de Gestión Medio Ambiental. 1 ed. Mcgraw – Hill/Interamericana S.A. España. 318 p.
- Gómez, A. 2002. Monitoreo y atención de intoxicación con arsénico en El Zapote, Municipio de San Isidro, Departamento de Matagalpa, Nicaragua (en línea). Nicaragua, UNICEF. Consultado 18 nov. 2006. Disponible en <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/arsenico/monitoreo.pdf>
- Hem, J.D. 1985. Study and Interpretation of the Chemical Characteristic of Natural Water (en línea). 3 ed. USA, U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2254. 225 p. Consultado 16 may.2007. Disponible en <http://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2254/html/pdf.html>
- Henry, J.G.; Heinke, G.W. 1999. Ingeniería Ambiental. México, Prentice Hall. 283-284.
- Hounslow, A. W. 1995. Water Quality Data. New York, USA, CRC Lewis Publishers. 49-59.
- IAEA (International Atomic Energy Agency, VE). 2003. A Compilation of Laboratory Procedures for the Chemical Analysis of Geothermal Water Samples. Vienna, Isotope Hydrology Section, IAEA, 148 p.

- Jiménez, F. 2007. Curso de Maestría. Manejo de Cuencas Hidrográficas I. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 66 pp.
- Jiménez, F. 2008. Curso de Maestría. Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas I. Guía para elaborar planes de gestión de cuencas hidrográficas. Turrialba, CR, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 66 pp.
- Kempter, K.A. 1997. Geologic Evolution of the Rincon de la Vieja Volcanic Complex, Northwestern Costa Rica. Thesis Ph. D. Universidad of Texas, USA. 212 p.
- Kiely, G. 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Madrid, España, Mc Graw-Hill. P. 91.
- Kevern, M.J Henry, K.S., K. Kannan, B.W. Nagy, N.R.. Zabik and J.P. Giesy.1989. Concentrations and Hazard Assessment of Organochlorine Contaminants and Mercury in Smallmouth Bass from a Remote Lake in the Upper Peninsula of Michigan. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 34:81-86.
- Madigan, M.T.; Martinko, J.M.; Parker, J. 2004. Biología de los microorganismos. Ed. I Capella. Trad. MG Fernández; T González; C Rodríguez; R Guerrero; M Sánchez; J Jiménez. 10 ed. España, Pearson Prentice Hall. 943-953.
- Marzal, Carlos. 2001. Metales pesados. Tusquets editores, 2001
- Mora, A.D. 2003. Agua para consumo humano y disposición de excretas: situación de Costa Rica en el contexto de América Latina y el Caribe - 1960/2000 (en línea). *Rev. Costarric. Salud Publica.* 12(21): 31-46. Consultado 03 Sep. 2006. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292003000100007&lng=es&nrm=iso
- Municipalidad Distrital de Sucre. Área de Infraestructura “Estudio de Impacto Ambiental Mejoramiento de la Plaza Mayor del distrito de Sucre”, pg. 15,16, 17

- Municipalidad Distrital de Sucre. Área de Infraestructura “Construcción Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de la Ciudad de Sucre”.Pag. 8
- Municipalidad Distrital de Sucre. Área de Infraestructura Construcción Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de la Ciudad de Sucre
- Municipalidad Provincial de Celendín. “Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) - Celendín”.
- NSF (National Sanitation Foundation, US). 2007. Water Quality Index (en línea). Michigan, US. Consultado 1 jul. 2007. Disponible en: http://www.nsf.org/consumer/just_for_kids/wqi.asp
- Oliver, D.M.; Heathwaite, L; Haygarth, P.M.; Clegg, C.D. 2005. Transfer of Escherichia coli to Water from Drained and Undrained Grassland after Grazing. J. Environ. Qual. 34: 918-925.
- OMS (Organización Mundial de la Salud, US). 1995. Guías para la calidad del agua potable. Recomendaciones. 2 ed. Ginebra: OMS. V. 1, 195 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud, US). 1998. Guías para la calidad del agua potable. Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. 2 ed. Ginebra: OMS. V. 3, 255 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud, US). 1999. Guías para la calidad del agua potable. Addendum al volumen 1 Recomendaciones. 2 ed. Ginebra: OMS. 40 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud, US). 2004. Guías para la calidad del agua potable. 3ed. Ginebra: OMS. 515 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud, US). 2006. Agua, saneamiento y salud: Enfermedades relacionadas con el agua (en línea). Consultado 20 oct. 2006. Disponible en http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/diseasefact/es/index.htm
- Ongley, E.D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. En: Estudios FAO: Riego y drenaje - 55 1997 W2598/S (en línea). Canadá, Departamento de Agricultura. Consultado 28 jul. 2007. Disponible en

<http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s05.htm>

- Opazo, U. 2003. Ingeniería Sanitaria: Aplicada a saneamiento y salud pública. Editorial Milusca S.A. México. 985 p.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud, US). 2003. Calidad del Agua Potable en Costa Rica: Situación actual y perspectiva. San José, C.R., OPS. 40 p.
- Ordoñez Pereda, JA. Tecnología de los alimentos. Vol I y II. Ed. Síntesis, España, 1998.
- Orozco, B.C.; Pérez, S.A.; González, D.M.N.; Rodríguez, V.F.; Alfayate, B.J.M. 2005. Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. Madrid, España, Thomson. 97-100.
- Pacheco Ávila, J.; Pat Canul, R.; Cabrera Sansores, A. 2002. Análisis del ciclo de nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. México. Ingeniería Revista Académica 6(3): 73-81.
- Perdomo, C.H.; Casanova, O.N.; Ciganda, V.S. 2001. Contaminación de Aguas Subterráneas con Nitratos y Coliformes en el Litoral Sudoeste del Uruguay. Agrociencia 5(1): 10-22.
- Piris da Motta, M.R.; Zacharzewski, C.; Mino, J.; Bordenave, M.; Rinaldi, L.; Iurinic, P.D.;
- Piaggio, A.; Morchio, M.; Montiel, M.; Alberto, M.C.; Bracco, S.; Koziarski, M.; Kempski, J.C.; Kuhlmann, S.; Freitag, G.; Okulovich, G.; Santader, L. 2003. Influencia de factores socioeconómicos y culturales en la asociación entre índices de caries dental y la fluoración del agua potable. Buenos Aires, AIDIS. Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente, 13: 1-3.
- REYES Alan Michael, "Análisis y control del abultamiento Filamentoso en una Planta de Tratamiento de Efluentes", Universidad de Veracruz, 2009.
- 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, R.J.A. 1999. Calidad del Agua. 2 ed. México, Alfaomega Grupo Editor, S.A. 176 p.
- Ruza, R.J.; Puig, I.A. 2004. Manual para el Análisis de Presiones e Impactos relacionados con la contaminación de las Masas de Aguas Superficiales. Madrid, España, Ministerio de Medio Ambiente. 49 p.
- Sánchez, M. 2007a. Comentario Meteorológico de Octubre del 2007 (en línea),. Instituto
- Meteorológico Nacional de Costa Rica. San José, CR. Boletín Meteorológico 2007 No. 5, 2-21. Consultado 8 ene. 2008. Disponible en: <http://www.imn.ac.cr/publicaciones/BMET102007.pdf>
- Sánchez, J. 1994. Evaluación y monitoreo microbiológico y fisicoquímico de una planta de tratamiento de aguas residuales por rizofiltración, en una empresa productora de discos compactos. Bogotá D.C. Trabajo de grado.
- Sánchez, O; Herzing, M; Peters, E; Márquez, R; Zambrano, L.2009. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. México. 287 Pág.
- Sawyer, C.N.; McCarty, P.L.; Parking, G.F. 2001. Química para ingeniería ambiental. Trad. LA De García. 4 ed. Colombia, McGraw-Hill. 715 p.
- Seoáñez, M. 1997. Ingeniería Medioambiental aplicada. Ediciones Mundi – Prensa España. 525 p.
- Sharpley, A.N.; Daniel, T.; Sims, T.; Lemunyon, J.; Stevens, R.; Parry, R. 2003. Agricultural Phosphorus and Eutrophication. 2 ed. Washington, D.C., USA, United Status Department of Agriculture. 43 pp.
- Snooyink, U; Jenkiws, T.1987. Química del Agua, Editorial Limusa.
- Steel, R; Torrie, J. 1992. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2 ed. Mc. Graw – Hill. México
- Soto, G. J.; Alvarado, G.E.; Goold, S. 2003. Erupciones □□3800 a.P. del volcán Rincón de la Vieja, Costa Rica. Revista Geológico de América Central, 29: 67-86.

- Stolz, W. 2008. Informe Tormenta Tropical ALMA. Instituto Meteorológico Nacional, San José, CR. Consultado 29 may. 2008. Disponible en <http://www.imn.ac.cr/alertas/index.html>
- Tebutt T U. 1993, Fundamentos de Control de la Calidad del Agua, Editorial Limusa, México 239 Pág.
- WWAP (Programa Mundial de evaluación de los Recursos Hídricos, FR). 2006. Segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo.
- Valiente, C. 2008. Comunicación personal. Microbióloga. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José, Costa Rica.
- Villanueva y Botelo 1996. Nivele de metales en el golfo de mexico. Agua y sedimentos. Contaminación e Impacto Ambiental. Universidad Autonoma de Campeche.EPOMEX. serie científica 5.

ANEXOS

Apéndice

PANEL FOTOGRÁFICO

Figura Nº15 : Vista panorámica del distrito de Sucre



Figura Nº 16 : Plaza de Armas – Sucre



Figura N° 17 : Planta de Tratamiento de Agua Potable - Sucre



Fuente: elaboración propia

Figura N° 18: Visita a la Planta de Tratamiento de Agua del distrito de Sucre



Fuente: elaboración propia

Figura N^a 19: Presidente de la JASS -Sucre



Fuente: elaboración propia

Figura N^o 20: Toma de lecturas con el multiparametro



Fuente: elaboración propia

Figura N° 21: Visita del asesor a la Planta de Tratamiento



Figura N°22: Tanque de dosificación de cloro



Figura N° 23: Preparando equipos para muestreo de campo.



Figura N° 24: Calibrando el espectrofotómetro Merck SQ 118.



Figura N° 25: Ensayos preliminares en el laboratorio



a)



b)

Figura N° 26: Línea de conducción desde el manantial hasta la planta de tratamiento



a)



b)

Figura N° 27: Toma de muestra en el punto P2 -Reservorio



a)



b)

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Cloro: Un elemento químico que se utiliza para matar microorganismos presentes en el agua.

A temperatura ambiente y presión atmosférica es un gas amarillo.

Cloro residual: Porción del cloro libre o combinado, que permanece activo después de un período de tiempo especificado.

Cloración: Es la adición de cloro gas o compuestos de cloro al agua, con el propósito de desinfectarla.

Coagulación: Es la adición de sustancias insolubles en el agua, para neutralizar las cargas eléctricas de los coloides y permitir la formación de partículas mayores, que pueden ser eliminadas por sedimentación.

Dilución: Es el bajar la concentración de una solución, mediante la adición de más solvente.

El factor de dilución, es la relación volumétrica entre solvente y soluto.

Desinfección: Es la destrucción de la mayoría de los microorganismos dañinos por medios químicos, por calor, por luz ultravioleta, etc.

Floculación: La adición de sustancias químicas, para producir “flóculo”, que es un compuesto insoluble que adsorbe materia coloidal y permite fácil sedimentación.

Manantial: Es un lugar donde se produce el afloramiento natural de agua subterránea.

Materia orgánica: Comprende a las moléculas naturales y artificiales, que contienen carbón e hidrógeno. Toda la materia viva presente en el agua, es de moléculas orgánicas.

Partículas: Normalmente se refieren a sólidos de tamaño lo suficientemente grande para poder ser eliminados por una filtración.

Planta de tratamiento: El tratamiento del agua tiene por objeto fundamental mejorar la calidad física, química y bacteriológicas del agua proveniente de las diferentes fuentes naturales, con contaminación o sin ella, a fin de entregarlas al consumo apta, inocua y aprovechable para el hombre animales, agricultura e industria

Potabilización: Es un proceso que se lleva a cabo sobre cualquier agua para transformarla en agua potable y de esta manera hacerla absolutamente apta para el consumo humano.

mg/L: Una de las unidades de medición más comunes en el análisis de agua, en soluciones muy diluidas como es el caso de las aguas naturales, es equivalente a partes por millón (ppm).

Sedimentación: Un tratamiento primario en los sistemas de agua municipal. El agua es mantenida en reposo por un tiempo determinado, para permitir que los sólidos sedimentables puedan separarse de los demás sólidos.