

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO REGIONAL CANCHAGUA**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**DIEGO ALEXANDER ORTA OÑA**

diego.orta@epn.edu.ec

**PAMELA VIVIANA PABÓN MINCHALA**

pamela.pabon@epn.edu.ec

**DIRECTOR**

**ING. NATHALIA VALENCIA, MSc.**

nathalia.valencia@epn.edu.ec

**Quito, Enero 2020**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Alexander Orta Oña y Pamela Viviana Pabón Minchala bajo mi supervisión.

---

DIRECTOR

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, Diego Alexander Orta Oña y Pamela Viviana Pabón Minchala, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente

---

**DIEGO ALEXANER ORTA OÑA**

---

**PAMELA VIVIANA PABÓN MINCHALA**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, Irene por ser un modelo de persona seguir, quien sin duda ha estado conmigo en mis mejores y peores momentos y brindarme su apoyo y amor incondicional.

A mi hermano, Danny por ser la persona más influyente en mi vida, quien me enseñó a valerme por mi mismo no darme por vencido y que a pesar de las adversidades con todo es posible mediante el esfuerzo y dedicación

Diego Orta

A mis queridos padres Luis y Anita, quienes con su inmenso amor y sacrificio me han guiado y depositado en mí su amor, confianza, brindando su apoyo, para llegar a ser una persona de bien y cumplir mis objetivos.

A mis hermanos Anderson y Ronaldo, quienes están junto a mí dándome aliento y apoyo para cumplir mis metas.

A mis familiares y amigos que me han apoyado durante mi etapa universitaria, en especial a Diego V. por su apoyo y cariño.

Pamela Pabón

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional y su infinito amor, en el cumplimiento de nuestras metas profesionales y personales.

A Dios por su fortaleza y conocimiento puesto en nosotros para salir adelante en nuestras jornadas arduas de estudio.

A la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Regional Canchagua, por compartir su cooperación y ayuda en la elaboración de la presente tesis.

A nuestros distinguidos maestros quienes con nobleza y entusiasmo depositaron en nosotros sus vastos conocimientos.

A nuestra directora quien con su esfuerzo y tiempo nos ha guiado en la elaboración de nuestra tesis.

A nuestros amigos por compartir momentos de alegría y tristeza durante toda nuestra formación académica.

A la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, Facultad de Formación de Tecnólogos, por habernos acogido en sus instalaciones y puesto a nuestro servicio docentes, quienes han sido maestros y amigos.

Pamela y Diego

# ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	Introducción .....	1
1.1.	Antecedentes.....	1
1.2.	Planteamiento del Problema.....	2
1.3.	Justificación .....	3
1.4.	Objetivos .....	4
1.4.1.	Objetivo General.....	4
1.4.2.	Objetivos Específicos .....	4
2.	Fundamento Teórico.....	5
2.1.1.	Agua Potable .....	5
2.1.2.	Campaña de monitoreo .....	5
2.1.3.	Desinfección .....	5
2.1.4.	Dosificación .....	7
2.1.5.	Demanda de cloro .....	7
2.1.6.	Muestreo .....	7
2.1.7.	Sistema de abastecimiento.....	8
2.1.8.	Parámetros a monitorear .....	8
2.1.9.	Parámetros físicos.....	9
2.1.10.	Parámetros químicos .....	10
2.1.11.	Parámetros microbiológicos .....	14
2.2.	Plan de muestreo .....	15
2.3.	Plan de vigilancia de la calidad del agua .....	15
3.	METODOLOGÍA.....	16
3.1.	Trabajo de Campo.....	16

3.1.1.	Visita de Campo .....	16
3.1.2.	Establecimiento de los puntos de monitoreo.....	16
3.1.3.	Medición de parámetros <i>in situ</i> .....	18
3.1.4.	Recolección, preservación y transporte de Muestras.....	20
3.1.5.	Elaboración de desinfectante (NaClO).....	21
3.2.	Trabajo de Laboratorio .....	21
3.3.	Socialización de Resultados .....	23
4.	Resultados y discusión .....	24
4.1.	Visita de Campo .....	24
4.1.1.	Optimización del proceso de elaboración del desinfectante.....	26
4.2.	Evaluación de la calidad de agua .....	27
4.2.1.	Evaluación de los resultados obtenidos en las fuentes .....	27
4.2.2.	Evaluación de resultados obtenidos en los tanques de abastecimiento.....	28
4.2.3.	Evaluación de resultados obtenidos en la red de distribución.....	30
4.3.	Contraste con la Normativa vigente para Agua de consumo.....	36
4.3.1.	Análisis del Acuerdo Ministerial No. 028 .....	36
4.3.2.	Análisis de la Norma INEN 1108 para Agua de Consumo .....	38
4.3.3.	Red de Distribución .....	39
4.4.	Plan de vigilancia.....	41
5.	Conclusiones y Recomendaciones .....	42
5.1.	Conclusiones .....	42
5.2.	Recomendaciones .....	42
6.	Bibliografía.....	44
	Anexos .....	48
	Anexo I Sitios de muestreo.....	48

Anexo II Tabla de valores del NMP/100 mL con un 95% de límite de confianza (cuando se utiliza cinco alícuotas de 10 mL, cinco de 1 mL y cinco de 0,1 mL). .....	50
Anexo III Técnicas generales de conservación de la muestra para análisis físico, químico y microbiológico. ....	51
Anexo IV Formato hoja de registro de los parámetros in situ.....	52
Anexo V Cronograma de socialización .....	53
Anexo VI Registro de Asistencia utilizado en la socialización .....	54
Anexo VII Afiches.....	56
Anexo VIII Plan de Vigilancia de la Calidad de Agua para la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Regional Canchagua .....	58
.....	59
Anexo IX Plano del Sistema de Abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Regional Canchagua .....	75
Anexo x Evidencia fotografica .....	76



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Productos usados como desinfectante .....	6
<b>Tabla 2</b> Tabla de coordenadas en los puntos de muestreo.....	17
<b>Tabla 3</b> Tabla de parámetros analizados in situ.....	19
<b>Tabla 4</b> Tabla de parámetros analizados en laboratorio. ....	21
<b>Tabla 5</b> Tabla de valores obtenidos en las fuentes según el Acuerdo Ministerial No. 028 36	
<b>Tabla 6</b> Tabla de valores obtenidos en los tanques de acuerdo a la Norma INEN 1108..	38
<b>Tabla 7</b> Tabla de valores obtenidos en la red de distribución de acuerdo a la Norma INEN 1108 .....	40
<b>Tabla 8</b> Cronograma de actividades .....	53

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Localización de las fuentes .....	24
<b>Figura 2</b> Vegetación alrededor de la fuente 1.....	25
<b>Figura 3</b> Herramienta usada para la obtención del desinfectante .....	26
<b>Figura 4</b> Resultados físicos de las fuentes .....	27
<b>Figura 5</b> Resultados químicos de las fuentes.....	28
<b>Figura 6</b> Resultados de los parámetros físicos de los tanques.....	29
<b>Figura 7</b> Resultados de los parámetros químicos de los tanques.....	30
<b>Figura 8</b> Resultados obtenidos en Canchagua Chico.....	31
<b>Figura 9</b> Resultados obtenidos en Canchagua.....	32
<b>Figura 10</b> Resultados obtenidos en Salacalle .....	33
<b>Figura 11</b> Resultados obtenidos en La Mariscal Sucre.....	34
<b>Figura 12</b> Resultados obtenidos en Guasin Pinlloloma .....	35
<b>Figura 13</b> Resultados obtenidos en Guasin Mollapamba .....	36
<b>Figura 14</b> Fuente 1.....	76
<b>Figura 15</b> Fuente 2.....	76
<b>Figura 16</b> Tanque de cloración.....	76
<b>Figura 17</b> Guasin Pinlloloma .....	76
<b>Figura 18</b> Medición de parámetros in situ.....	76
<b>Figura 19</b> Toma de muestras para la medición de oxígeno disuelto.....	76
<b>Figura 20</b> Siembra de coliformes.....	77
<b>Figura 21</b> Resultados de coliformes .....	77
<b>Figura 22</b> Análisis en el laboratorio .....	77
<b>Figura 23</b> Socialización con la Comunidad.....	77
<b>Figura 24</b> Asistentes de la socialización.....	77
<b>Figura 25</b> Exposición a los asistentes .....	77

## RESUMEN

El presente proyecto incluye la evaluación de la calidad de agua de consumo que abarca a seis comunidades que son: Canchagua Chico, La Mariscal, Salacalle, Guasin Mollapamba, Guasin Pinlloloma y Canchagua, pertenecientes a la parroquia de Canchagua, las cuales se abastecen de fuentes de agua subterránea.

Para determinar el estado de calidad de las fuentes, se realizaron análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, durante tres campañas de monitoreo que abarcan puntos de interés del sistema de abastecimiento: i) Captación, ii) Tanque de Almacenamiento y, iii) Red de Distribución. Los parámetros analizados fueron: pH, Conductividad, Oxígeno disuelto, Temperatura, Salinidad, Fluoruros, Nitritos, Nitratos, Nitrógeno Amoniacal, Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno, Color, coliformes fecales y Cloro libre residual en la red de distribución.

Los resultados obtenidos de cada uno de los parámetros analizados fueron comparados con la norma INEN 1108 y el Acuerdo Ministerial 028, con lo que se concluye que la calidad del agua de fuente es buena, ya que no se ha encontrado alteración en su calidad, dando cumplimiento a los criterios de uso y aprovechamiento mencionados.

Debido a las condiciones en que se encuentran algunas viviendas, se ha elaborado un plan de vigilancia que consta de actividades de preservación de la calidad del agua fáciles de aplicar en cada uno de los domicilios, así como el ahorro del recurso natural. También, se sugiere realizar análisis periódicos de las muestras correspondientes, en función de la población y su crecimiento.

Finalmente, se socializaron los resultados de la evaluación de la calidad del agua y se presentó el plan de vigilancia, mismo que fue entregado a los representantes de cada una de las comunidades, incluyendo afiches que contienen información de hábitos higiénicos y medidas de seguridad para el cuidado del agua en sus hogares.

**Palabras Clave:** Calidad del Agua, Agua subterránea, Canchagua, Aguas Claras, Agua de Consumo, Plan de vigilancia.

## ABSTRACT

This project includes the evaluation of the quality of drinking water that covers six communities in the parish of Canchagua: Canchagua Chico, La Mariscal, Salacalle, Guasin Mollapamba, Guasin Pinlloloma and Canchagua, which are supplied by sources of underground water.

To determine the quality of the water sources, analyzes of physical, chemical and microbiological parameters were carried out during three monitoring campaigns covering points of interest of the distribution system: i) Collection, ii) Storage Tank and, iii) Network of distribution. The parameters analyzed were: pH, Conductivity, Dissolved Oxygen, Temperature, Salinity, Fluorides, Nitrites, Nitrates, Ammoniacal Nitrogen, Chemical Oxygen Demand and Biochemical Oxygen Demand, Color, Fecal Coliforms and Residual Free Chlorine in the distribution network.

The results obtained from each of the parameters analyzed were compared with the INEN 1108 standard and the 028 ministerial agreement, which concludes that the quality of the source water is good, since no alteration in its quality has been found, giving compliance with the criteria of use and exploitation mentioned.

Due to the conditions in which some homes are located, a surveillance plan has been developed that consists of water quality preservation activities that are easy to apply in each of the homes, as well as the saving of the natural resource. Also, it's suggested to perform periodic analyzes of the corresponding samples, depending on the population and its growth.

Finally, the results of the water quality assessment were socialized and the monitoring plan was presented, which was delivered to the representatives of each communities, including posters containing information on hygienic habits and safety measures for the water care in their homes

**KeyWords:** water quality, underground water, Canchagua, clear water, drinking water, monitoring plan.

# **1. INTRODUCCIÓN**

El agua es de vital importancia para la vida, se conoce que el 70% de la corteza terrestre está cubierto por agua, pero de ello solo el 2,75% es agua dulce, y de ésta, el 75% forma el hielo de las zonas polares. La mayor cantidad de agua se concentra en los océanos, mares, siendo agua salada no apta para el consumo humano (Lagger, 2000).

Sudamérica cuenta con la mayor cantidad de recursos hídricos, sin embargo, uno de los retos a cumplir por parte de los países del continente, es la cobertura de agua potable a sus habitantes, siendo los sectores rurales los menos favorecidos, sin recibir una cobertura total de agua de buena calidad debido a la escasez de recursos. Los sectores rurales no poseen un agua microbiológicamente segura, por lo que varios países utilizan estructuras diseñadas específicamente para combatir la contaminación mediante la desinfección (Cárdenas, 2017).

Ecuador es un país rico en recursos hídricos, a pesar de ello cierta parte de la zona rural del país no tiene acceso a un agua segura, el 31,8% de los habitantes en las zonas rurales no poseen una fuente de agua de buena calidad y son propensos a contraer enfermedades (INEC, 2015).

El presente proyecto propone evaluar el agua de consumo suministrada a las comunidades de la parroquia de Canchagua, y colaborar con las comunidades de la parroquia, a través del desarrollo de un plan de vigilancia de la calidad del agua.

## **1.1. Antecedentes**

La parroquia de Canchagua se encuentra ubicada a 4,5km al norte del cantón Saquisilí con una latitud que varía de entre 2840 a los 4820 msnm y una temperatura que va de 10 a 12 grados centígrados y una precipitación anual de 500 a 750 milímetros. Dentro de la parroquia se encuentran varias comunidades distribuidas en diferentes sectores donde realizan actividades de ganadería y agricultura, utilizando fertilizantes químicos y orgánicos para sus cultivos. Además, no poseen una adecuada disposición de excretas ni alcantarillado público, pudiendo provocar una contaminación del agua por filtración producto de las actividades realizadas (SENPLADES, 2011).

La Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Regional Canchagua cuenta con agua que abastece a los consumidores, proveniente de tres fuentes en el sector Chaluá, los cuales pasan por un desarenador, después al tanque para la desinfección mediante cloración y luego a cuatro tanques de almacenamiento para la distribución (Mazapanta, 2018).

El 22 de agosto de 2018 la junta decidió realizar un análisis físico químico y microbiológico en una de las fuente de agua, donde se evidencia que cumple con los requisitos establecidos en el Acuerdo Ministerial No. 028 sin embargo, el resultado obtenido no garantiza que sea apta para el consumo humano puesto que, después de un proceso de desinfección, la red de distribución recorre una distancia aproximada de 6 Km y esta puede ser contaminada a lo largo del recorrido (Oña, 2018).

## **1.2. Planteamiento del Problema**

En Ecuador, debido a su ubicación y características hidrológicas, a cada ciudadano le correspondería anualmente un estimado de 25 mil metros cúbicos de agua para su uso en diferentes actividades. Sin embargo, pese a la elevada cantidad reportada de este recurso vital, su accesibilidad y calidad conlleva a una baja disponibilidad de agua para cada habitante (FONAG, 2008).

En materia de Saneamiento Ambiental, uno de los mayores problemas a los que se enfrenta el Ecuador es el acondicionamiento del agua que es destinada para consumo humano. Se estima que el 90,23% de los GAD Municipales cuentan con sistemas de tratamiento de agua para consumo humano, el 1,86% compra agua tratada y el 7,91% no cuenta con sistemas de tratamiento. No obstante, el 74,42% de los GAD Municipales cumplen con los parámetros establecidos en la norma INEN 1108. Generalmente, en la Región Sierra es donde se encuentra concentrada la mayor parte de la población y, pese a que existe una alta disponibilidad de agua superficial y subterránea, un porcentaje de la población carece de agua potable (INEC, 2015).

Se conoce que, a nivel nacional, los habitantes de las zonas rurales disponen de un 31,8% de agua contaminada. El 80,4% tiene acceso a servicios de saneamiento básicos como

alcantarillado, excusado pozo séptico<sup>1</sup>, pozo ciego<sup>2</sup> o letrina mientras que un 10,0% tiene acceso a un servicio limitado, un 3,9% posee servicios no mejorados y un 5,7% no posee estos servicios, realidad que puede ser una fuente de contaminación hacia las fuentes de agua (INEC, 2015).

Los consumidores de la Junta de Agua poseen un desconocimiento acerca de la calidad del recurso, generando desconfianza al momento de consumirla, para ello es necesario verificar si los criterios de calidad cumplen con los requerimientos necesarios para el consumo, pues pese a que se cuenta con un sistema de desinfección, no se conoce la eficiencia del mismo, el cual puede provocar un mal tratamiento del agua, aumentando la probabilidad de contraer enfermedades. Los sistemas de abastecimiento son simples y, en la mayor parte de los casos, son construidos por los mismos pobladores sin supervisión de un experto en el área (Mazapanta, 2018).

Debido a que existe una alta probabilidad de que la población que ingiere este recurso vital sin ningún tipo de control periódico de calidad, se debe realizar una serie de análisis microbiológicos, químicos y físicos mismos que permitirán realizar una evaluación del estado del cuerpo de agua destinado a su consumo (OMS, 2006).

### **1.3. Justificación**

Las comunidades rurales producen materiales residuales producto de prácticas ancestrales como como la agricultura, ganadería, apicultura, etc., mismos que, al estar influenciados por procesos naturales como la escorrentía superficial, subsuperficial y subterránea, son arrastrados a través de la tierra hasta cuerpos de agua aledaños (Toapanta, 2011).

La ejecución de un diagnóstico del estado de los recursos hídricos permite conocer sus características físicas, químicas y biológicas, mismas que ayudan a asegurar su idoneidad para ser destinada a un uso determinado. Es así que, mediante un análisis de los parámetros de calidad del agua, se puede establecer acciones relacionadas con la reducción de la concentración de contaminantes orgánicos, inorgánicos y biológicos

---

<sup>1</sup> Pozo séptico: Una fosa séptica es un artilugio para el tratamiento primario de las aguas residuales domésticas. <https://civilgeeks.com/2015/07/27/los-pozos-septicos-son-beneficiosos-en-lugares-que-no-existe-un-sistema-sanitario/>

<sup>2</sup> Pozo Ciego: Un pozo ciego recibe las aguas negras provenientes de la residencia adyacente. <http://www.desatrancosdnp.com/blog/que-es-un-pozo-ciego/>

presentes en el líquido vital para, de esta manera, volverla apta para ser usada en una determinada actividad (Serrano, 2018).

En caso de que el agua objeto de evaluación vaya a ser destinada al consumo humano, es necesario realizar una serie de análisis enfocados a verificar que el cuerpo de agua que será captado, cumpla con los requerimientos mínimos establecidos en la normativa de agua para consumo humano. De esta manera se establecerá si el agua destinada para tal fin requiere de tratamiento convencional o de un proceso de desinfección (OMS, 2006).

El presente proyecto tiene como finalidad determinar la calidad de agua de abastecimiento para consumo humano para las comunidades de Canchagua, Canchagua Chico, Salacalle, Guasin Mollapamba, Mariscal Sucre y Guasin Pinlloloma pertenecientes al cantón Saquisilí de la provincia de Cotopaxi, con el fin de corroborar o descartar que el agua que es consumida solo requiere desinfección.

Así mismo, es necesario implementar un control periódico de calidad mediante una serie de análisis de calidad de agua, así como, un correcto mantenimiento de los tanques de almacenamiento y accesorios usados en la red de distribución, para ello es necesario proponer un plan de vigilancia de calidad del agua el cual contenga instrucciones necesarias acorde a las condiciones de los moradores de las comunidades (OPS, 2002).

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar la calidad de agua para consumo humano de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Regional Canchagua.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

1. Verificar la calidad del agua en la fuente y sistema de abastecimiento mediante la evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
2. Revisar el proceso de cloración actual y verificar la eficiencia de la dosificación de cloro utilizada.
3. Elaborar un plan de vigilancia de la Calidad del Agua para la directiva de la Junta Administradora de Agua potable y Saneamiento Regional Canchagua.
4. Socializar con los miembros de la Junta Regional los resultados obtenidos en la campaña de monitoreo de la calidad del agua y propuesta del plan de vigilancia.



## **2. FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **2.1.1. Agua Potable**

Agua cuyas características físicas químicas y microbiológicas han sido modificadas con el fin de garantizar una aptitud de buena calidad para el consumo humano (INEN, 2014).

Se le llama agua potable a aquella que al consumirla no presenta peligro para la salud, dicha agua no debe poseer sustancias químicas o microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades o prejuicios, para lo cual deberá cumplir los requisitos físicos químicos y microbiológicos establecidos en la normativa vigente para agua potable (OMS, 2011).

### **2.1.2. Campaña de monitoreo**

Toda actividad destinada a recolectar información acerca de la calidad del agua, comúnmente se realizan muestreos, análisis *in situ*<sup>3</sup>, laboratorio, proporcionando información a los consumidores (Ambiente, 2015).

Estudio realizado con la necesidad de obtener información de los impactados derivados de actividades agrícolas, ganaderas, domésticas. Durante el desarrollo de las campañas de monitoreo se debe considerar pautas y procedimiento para la recolección, almacenamiento y transporte de muestras (Barreto, 2010).

### **2.1.3. Desinfección**

Se basa en la destrucción de los microorganismos y bacterias patógenas encontradas en el agua, se logra mediante la adición de desinfectantes químicos que extraen contaminantes orgánicos que sirven como nutrientes para los microorganismos. Estos no solo deben eliminar microorganismos sino, deben tener un efecto residual lo cual ayudará a disminuir el crecimiento de microorganismo en las tuberías, provocando contaminación del agua (Agua, 2017).

Existen varios factores que influyen en la eficiencia de la desinfección:

---

<sup>3</sup> *In situ*: en el sitio <https://www.significados.com/in-situ/>

- **pH:** Mientras más alcalina sea el agua menor será la eficiencia de desinfección, generalmente un pH menor a 6,5 la eliminación de bacterias puede ser óptima mientras que, para a un pH superior a 8,5 el efecto disminuye.
- **Temperatura:** La destrucción de microorganismo es más rápida a elevadas temperaturas, sin embargo, el cloro es más estable a temperaturas bajas
- **Tiempo de contacto:** Este debe ser entre 10-15 minutos, sin embargo es preferible dejar transcurrir el mayor tiempo posible para garantizar la eliminación de microorganismos patógenos (Agua, 2017).

Productos disponibles para realizar la desinfección por cloro

El cloro es el reactivo más usado como desinfectante a nivel mundial debido a su poder bacteriano, en la tabla 1 podemos encontrar los más comunes:

**Tabla 1** Productos usados como desinfectante

Producto	Presentación	Porcentaje de cloro activo	Dosis aplicada (mg/L)	Seguridad
Cloro gaseoso $Cl_2$	Gas licuado a presión	99	1-16	Gas tóxico
Hipoclorito de Sodio $NaClO$	Solución líquida amarilla o blanca	5-15	0,5-1	Corrosiva Contiene sosa
Hipoclorito de Calcio $Ca(ClO)_2$	Sólido granulado blanco	60-70	0,5-5	Corrosiva

Fuente: (Agua, 2017).

El cloro que es añadido al agua en cualquiera de las formas dará como resultado ion hipoclorito  $ClO$  y ácido hipocloroso  $HClO$ .

#### **2.1.4. Dosificación**

Acción mediante la cual se adiciona de manera controlada una sustancia química al agua, una dosis ideal permite que el cloro libre residual permanezca en un rango de 0,3-1,5 mg/L al final de la red de distribución (INEN, 2014).

#### **2.1.5. Demanda de cloro**

Cantidad total de cloro agregada menos la que se conserva al término de la reacción (cloro libre residual) (Agua, 2017).

#### **2.1.6. Muestreo**

Acción que consiste en extraer una muestra representativa de agua para su análisis fisicoquímico y microbiológico (INEN, 2014).

Las muestras pueden ser recolectadas directamente de ríos, lagos, reservorios o manantiales con objeto de poseer la mayor representatividad posible, no es recomendable obtener muestras entre puntos cercanos, en orillas, lugares con agua estancada. Es aconsejable visualizar y extraer la muestra en un sector homogéneo sumergiendo la botella en contra corriente, evitando desechos flotantes (Won, 2009).

- **Tipos de muestreo**
- **Muestreo simple:** Es el tipo de muestra más usada para diagnosticar la calidad del agua tomada en un sitio determinado una sola vez (Barreto, 2010).
- **Muestreo compuesto:** Es una mezcla de muestras simples tomadas en el mismo punto en diferentes tiempos para ser almacenada en un mismo recipiente o separados (Barreto, 2010).
- **Muestreo Integro:** Es un conjunto de muestras recolectadas al mismo tiempo en diferentes puntos, este tipo de muestreo es implementado en lagos, corrientes, ríos, embalses puesto que su composición varía de acuerdo al ancho y profundidad de la sección (Barreto, 2010).

### 2.1.7. Sistema de abastecimiento

Un sistema de abastecimiento tiene como finalidad entregar a la comunidad, agua de buena calidad, los componentes principales del sistema de abastecimiento son:

- **Fuentes de abastecimientos:** Aguas superficiales o subterráneas que pueden ser utilizadas para consumo humano, en algunos casos se necesita de un tratamiento previo, dependiendo la calidad del agua.
  - **Agua superficial:** Aquella que se encuentra en contacto con la atmósfera como lagos, lagunas, ríos, arroyos, presentan un fácil acceso para su captación, sin embargo, pueden ser contaminadas fácilmente por presencia de aguas residuales o productos químicos usados en agricultura.
  - **Agua subterránea:** Se encuentran en el subsuelo debido a ello son menos propensos a sufrir una contaminación similar a las aguas superficiales sin embargo, puede existir contaminación mediante filtración por uso excesivo de fertilizantes químicos, excretas humanas y animales (Jiménez, 2013).
- **Captación:** Es la obra o estructura destinada a recolectar el agua que será transportada a la población mediante obras civiles o electromecánicas para disponer de un abastecimiento de agua superficial o subterránea (SIAPA, 2014).
- **Desarenador:** Es una estructura destinada a remover partículas de gran tamaño y evitar daños en las instalaciones posteriores.
- **Tanque de almacenamiento para distribución:** Estructura hidráulica cuya finalidad es almacenar la suficiente cantidad de agua, para cubrir la demanda diaria de consumo.
- **Red de distribución:** Es el conjunto de tuberías y accesorios que permiten llevar el agua hasta los consumidores (SENAGUA, 2014).

### 2.1.8. Parámetros a monitorear

Existe una serie de parámetros físicos, químicos, microbiológicos que permite identificar el estado del agua en su forma natural, los cuales se mencionan en el Acuerdo Ministerio 028, normativa que ayuda a identificar la calidad de los cuerpos hídricos mediante los límites máximos permisibles de los requerimientos para consumo humano.

La NTE INEN 1108 es la normativa vigente donde menciona una serie de parámetros que se deberán cumplir para garantizar que la calidad del agua es apta para el consumo humano después de un proceso de desinfección o tratamiento convencional.

### **2.1.9. Parámetros físicos**

- **Color**

Depende de la cantidad de materia orgánica disuelta, partículas suspendidas, humus<sup>4</sup>, iones metálicos pesados. Se debe diferenciar entre el color real y color aparente, el primero se basa en la medición del agua junto a la materia disuelta mientras que, el segundo incluye partículas en suspensión (Goyenola, 2007).

El color del agua puede deberse a la presencia de materia orgánica, desechos industriales coloreados como hierro y manganeso, si el agua destinada para consumo humano no es incolora se debe considerar como un indicador de contaminación (OMS, 2011).

- **Conductividad eléctrica**

Es la capacidad del agua para transmitir corriente eléctrica debido a la presencia de sales disueltas; mientras mayor concentración de sales posee, mayor será la conductividad. Sin embargo, la medida de la conductividad puede también estar influenciada por la temperatura y el pH. (Marx, 2016).

Si el cuerpo humano ingiere una cantidad elevada de sales disueltas provocará una deshidratación en las células a su vez las sales serán transportadas mediante la sangre a los riñones provocando deficiencias de salud, por otro lado la deficiencia de minerales presentes en el agua puede generar alteraciones a las células y a su vez una mala condición física y mental (Marx, 2016).

- **Temperatura**

Es un parámetro que interviene en la medición de otros indicadores como el pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, debido a su velocidad de reacción química

---

<sup>4</sup>Humus: Componente orgánico del suelo, que se forma por la descomposición de restos animales y vegetales usado para mejorar los suelos. <https://es.thefreedictionary.com/humus>

metabolismo y difusión. Una alta temperatura potencia la proliferación de microorganismos que pueden generar problemas de sabor, olor y color (OMS, 2011).

Una elevada temperatura puede provocar una disminución de oxígeno y favorecer a los organismos presentes en el agua que entran en su proceso de reproducción generando problemas de salud de origen hídrico (Agua, 2017).

- **Turbiedad**

La turbidez limita el paso de la luz solar al agua, reduciendo la transparencia de un líquido causado por la presencia de partículas suspendidas. Altos niveles de turbiedad disminuyen la eficiencia del cloro. Dicho parámetro es un indicador que no permite identificar un contaminante específico no obstante, ayuda a la adhesión de metales pesados, pesticidas y compuestos orgánicos que pueden resultar perjudicial para la salud (Goyenola, 2007).

#### **2.1.10. Parámetros químicos**

- **Cloro libre residual**

El cloro es un producto químico, que al ser disuelto en agua destruye los organismos patógenos causantes de enfermedades, una vez realizado un proceso de desinfección, una determinada concentración permanece en agua, denominándola cloro libre residual, esta cantidad permanece en la red de distribución hasta que pueda contrarrestar otra nueva contaminación o se pierda en la atmosfera. Sin embargo, la ausencia de ella no quiere decir que la muestra de agua esté contaminada (OPS, 2011).

El cloro es el agente más usado como desinfectante a nivel mundial debido a sus propiedades que permiten la oxidación de organismos perjudiciales para la salud. El cloro libre residual se presenta debido a la combinación de hipoclorito y ácido hipocloroso, dosis altas de cloro ingeridas mediante el agua de consumo puede provocar problemas cancerígenos a futuro (AGBAR, 2003).

- **Cloruros**

Es un anión inorgánico que se encuentra presente en casi todas las aguas naturales con un promedio de 6 mg/L, en diferentes concentraciones, provenientes de la disolución de

rocas y sedimentos, así como de efluentes industriales, escorrentías urbanas e intrusiones salinas (Agua, 2017).

Las personas están expuestas al consumo excesivo de cloruros mediante la adición de sales en los alimentos o al uso de cloruro de sodio como fuente de desinfección del agua, esto puede afectar drásticamente a la salud asociados a los problemas del corazón y riñón, las altas concentraciones también pueden aumentar la velocidad de corrosión de los metales ocasionando daños en las tuberías (OMS, 2011).

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

La DBO es un parámetro que permite conocer la calidad del agua, puesto que los microorganismos y bacterias requieren de oxígeno para degradar las sustancias orgánicas presentes, dicha actividad es realizada en condiciones aerobias y varía de acuerdo a la temperatura, debido a ello es realizada por un periodo de 5 días a 20°C denominándola DBO<sub>5</sub> (INEN, 2013).

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Es la cantidad de oxígeno consumido por los organismos para oxidar la materia orgánica e inorgánica por la acción de agentes oxidantes fuertes, de tal modo la cantidad medida de DQO será mayor a la de DBO. Mediante el ensayo de la DQO se puede medir la cantidad de materia existente que puede disminuir la presencia de oxígeno disuelto en el agua disminuyendo su calidad (Aznar, 2000).

- **Fluoruros (F-)**

Los fluoruros normalmente se encuentran en aguas subterráneas, su presencia se debe a la infiltración y disolución de los suelos y las rocas, las altas concentraciones de este parámetro pueden llegar a generar fluorosis dental, un consumo de forma continua en altas concentraciones puede llegar a ser perjudicial para la salud pudiendo provocar un caso de fluorosis ósea <sup>5</sup>(Romero, 2017).

---

<sup>5</sup> Fluorosis Ósea: desgaste de los huesos por exceso de fluoruro. [https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/fluoridation/es/glossary/pqrs/skel\\_etal\\_fluorosis.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/fluoridation/es/glossary/pqrs/skel_etal_fluorosis.htm)

- **Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )**

Se encuentran presentes debido a la disolución de rocas y minerales, descomposición de organismos vegetales y animales de la naturaleza, sirve como fertilizante para las plantas, además de formar parte del ciclo del nitrógeno, debido a que son solubles pueden ser arrastrados por escorrentías hasta fuentes de aguas subterráneas o superficiales (OMS, 2011).

El nitrito es menos estable que el nitrato y se encuentra presente en concentraciones pequeñas debido al efecto de la oxidación se transforma en nitrato, esta reacción química afecta a los sistemas biológicos mediante mecanismos abióticos, los nitratos también pueden formarse debido a la nitrificación<sup>6</sup> en las fuentes de agua o en las redes de distribución (OMS, 2011).

Una concentración elevada de nitritos y nitratos reduce la cantidad de oxígeno que es transportada por la sangre a las células del cuerpo humano pudiendo provocar alteraciones en el organismo, como dolores de cabeza, calambres abdominales y náuseas (Enfermedades, 2016).

- **Nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3\text{H}$ )**

Proviene de la degradación natural del nitrógeno orgánico que por acción bacteriana se oxida en nitritos y posteriormente en nitratos, altas concentraciones de nitrógeno amoniacal no pueden ser absorbidas por las plantas ni retenidas por los suelos, transportando los residuos a los cuerpos de agua (González, 2013).

Los niveles altos de nitrógeno amoniacal producen una disminución en los niveles de oxígeno, además de irritación a la piel, ojos, boca, sistema respiratorio y digestivo, no se han encontrado evidencias de que el nitrógeno amoniacal puede producir cáncer (Enfermedades, 2016).

---

<sup>6</sup> Nitrificación: Oxidación del amoníaco a nitritos y posteriormente a nitratos, catalizada por bacterias autotróficas y organismos heterotróficos. <https://boletinagrario.com/ap-6,nitrificacion,138.html>



- **Fósforo total (PO<sub>3</sub>-)**

Se encuentra en forma de fosfatos, parámetro que se produce por la oxidación del fósforo en las rocas, también se presentan en los fertilizantes que serán absorbidos por las plantas debido a que son solubles, pueden ser transportadas por escorrentía a cuerpos de agua. Existen varios tipos de fosfatos entre ellos los polifosfatos, fosfatos enlazados orgánicamente y los más comunes ortofosfatos. El consumo excesivo de fosfatos puede ser perjudicial para la salud produciendo osteoporosis y afectando a los riñones (Sierra, 2013).

- **Oxígeno Disuelto (OD)**

El contenido de oxígeno disuelto en el agua dependerá de la temperatura y salinidad, proviene de procesos de re-aireación y fotosíntesis. El primero se debe a que el oxígeno se disuelve en el agua mediante turbulencia y el segundo es producto de la actividad realizada por las plantas. Los procesos químicos y biológicos disminuyen la cantidad de oxígeno, la concentración final dependerá del balance entre todos los fenómenos indicados. En términos generales se conoce que a una mayor concentración de OD el agua tendrá mejor calidad, sin embargo, alto niveles de oxígeno disuelto puede provocar desgaste en la tuberías por corrosión (OMS, 2011).

Aparte del oxígeno que respiramos se necesita de oxígeno proveniente del agua para ayudar a las células en su proceso de reparación y reproducción. A este parámetro se le considera como un indicador de la calidad del agua puesto que un porcentaje de oxígeno que el ser humano necesita proviene de la respiración y otro de oxígeno disuelto presente en el agua (Marx, 2016).

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

El pH es un indicador que permite reconocer si el agua es ácida, alcalina o neutra dependiendo de su valor en la escala de medición tenemos del 0 al 14, si el valor se encuentra entre 6,5 y 8,5 el agua se considera está dentro de un rango neutro, por debajo de 6,5 es considerada ácida, si sobrepasa 8,5 se considera alcalina. Un pH ácido puede asociarse con la presencia de ciertos metales en la tubería como hierro, cobre, plomo entre

otros, si el pH es alcalino se asocia a la presencia de sales como magnesio, calcio (Adam, W., 2015).

Si el pH tiende a ser ácida puede deberse a que en el hogar hay materiales de plomería, soldadura, una vez introducidos estos materiales al cuerpo estos pueden adherirse a los huesos, la sangre provocando anemia y daños al sistema nervioso, un pH muy ácido o alcalino puede presentar un sabor agrio o amargo (Marx, 2016).

- **Salinidad**

Compuesto que suma la totalidad de los iones disueltos en el agua, los iones más abundantes en la naturaleza son: sodio, potasio, calcio, magnesio, sulfatos, nitratos carbonatos. Cuando mayor sea la salinidad mayor será la probabilidad de presencia de contaminantes como flúor, metales pesados y otros. Entre las funciones más importantes de las sales al organismo humano tenemos dar energía al músculo, disminuir acidez gástrica y estimular la circulación sanguínea (Marx, 2016).

Consumir agua con alta salinidad puede provocar afectaciones a la salud como: dolores de cabeza, náuseas, diarrea bajo volumen sanguíneo, presión arterial, pero si el agua posee una baja cantidad de salinidad los alimentos consumidos a diario proporcionan la cantidad de sales adecuadas para evitar alteraciones al organismo (Marx, 2016).

### **2.1.11. Parámetros microbiológicos**

- **Coliformes fecales**

Pertenecen a un subgrupo de los coliformes totales, su presencia indica que el agua ha sido contaminada por excretas y representa un potencial riesgo para la salud ya que comúnmente se encuentran en los intestinos de los humanos y animales. A los coliformes fecales también se les conoce como termotolerantes debido a que pueden sobrevivir a temperaturas  $>45^{\circ}\text{C}$ , su reproducción dependerá de la materia orgánica, pH, humedad etc (Arizona, 2014).

Los coliformes fecales están constituidos por bacterias Gram-negativas capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48 horas de incubación a  $44,5^{\circ}\text{C}$ . Aproximadamente el 95% de coliformes fecales están conformados por *Echerichia Coli*. Al ser

una fuente de contaminación fecal, su presencia representa una alta probabilidad para la existencia de agentes patógenos perjudiciales para la salud que pueden provocar diarrea, náuseas, fatiga, insuficiencia renal entre otros (Adam, 2012).

Los coliformes fecales son las bacterias más peligrosas procedentes de las excretas de animales y humanos, en sectores rurales las fuentes de agua de consumo pueden verse afectada por este indicador debido a un mal manejo de los sistemas sépticos y el estiércol usado como fertilizantes (Arizona, 2014).

## **2.2. Plan de muestreo**

Consiste en la especificación de puntos de muestreo, análisis *in situ* y laboratorio. Además se debe considerar el almacenamiento transporte y la conservación para poseer una muestra representativa, la cual indique la calidad del agua (Barreto, 2010).

Dentro del plan de muestreo se debe considerar la siguiente información:

- Preparación del muestreo
- Criterios para la selección del punto de muestreo
- Toma de muestras
- Análisis en campo
- Llenado de recipientes y preservación de las muestras
- Sellado de recipientes
- Almacenamiento de muestras
- Transporte de muestras
- Entrega de muestras al laboratorio

## **2.3. Plan de vigilancia de la calidad del agua**

Tiene la finalidad de asegurar la calidad del agua mediante un examen rutinario en las fuentes, tanque de almacenamiento y red de distribución de tal modo, disminuya el riesgo de consumir agua contaminada y evitar problemas de salud. La vigilancia es preventiva y ayuda a detectar ciertos factores de riesgo que impliquen un peligro para la salud, es correctiva al identificar anomalías, se permiten tomar acciones a corregir (OMS, 2011).

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Trabajo de Campo**

Consta de todas las actividades realizadas durante la visita como: toma de muestras, análisis *in situ*, etc.

##### **3.1.1. Visita de Campo**

De acuerdo a la información proporcionada por la Junta Regional de Agua se conoció que el sector dispone de 3 fuentes que son captadas mediante tuberías y conducidas a una unión. A partir de esta unión, se transporta el agua mediante una tubería única hasta un desarenador que se encuentra situado en Canchagua Chico, se conoce que el agua recorre 10 km desde la unión hasta Canchagua Chico. Finalmente el agua desarenada pasa a un tanque adyacente en el cual se adiciona cloro y es almacenada.

Posteriormente, se conduce a un segundo tanque de almacenamiento ubicado en Canchagua que se encuentra a una distancia de 1 km del tanque de almacenamiento de Canchagua chico, luego pasa a un tercer tanque de almacenamiento ubicado en Salacalle que se encuentra una distancia de 3 km del segundo tanque y, finalmente, pasa a ser almacenada en un cuarto tanque ubicado en Guasin Pilloloma a una distancia de 2 km del tercer tanque, visualizar el sistema en el anexo IX (Mazapanta, 2018).

Con base en esta información se planificó y ejecutó una visita de campo con la ayuda del operador de la Junta Regional de Agua, el Sr. José Mazapanta, con la finalidad de obtener información relevante y actual la red de distribución, se identificó también el acceso y lugar de los puntos de muestreo.

El traslado a la zona de estudio se realizó en un vehículo particular y se obtuvo un registro fotográfico como evidencia y verificación de la información proporcionada por la Junta Regional.

##### **3.1.2. Establecimiento de los puntos de monitoreo**

Para los puntos de monitoreo se identificaron las zonas más importantes del sistema de abastecimiento iniciando en las fuentes que dotan agua a la población, tanques de abastecimiento y puntos de consumo. Los puntos de toma de muestras seleccionados son los descritos en la tabla 2.

**Tabla 2** Tabla de coordenadas en los puntos de muestreo y codificación.

<b>Punto</b>	<b>Lugar</b>	<b>Ubicación</b>
001	Fuente Chalua	Latitud (WGS 84): 0°48'50,49"S Longitud (WGS 84): 78°44'3,86"O Altitud (m): 3232,94
002	Fuente Chalua	Latitud (WGS 84): 0°48'48,49"S Longitud (WGS 84): 78°44'3,83"O Altitud (m): 3206,11
003	Fuente Chalua	Latitud (WGS 84): 0°48'47,92"S Longitud (WGS 84): 78°43'57,19"O Altitud (m): 3196,44
004	Tanque de Cloración (Canchagua Chico)	Latitud (WGS 84): 0°47'36,72"S Longitud (WGS 84): 78°41'8,58"O Altitud (m): 3160,3
005	Canchagua Chico (casa inicial)	Latitud (WGS 84): 0°47'41,23"S Longitud (WGS 84): 78°41'6,08"O Altitud (m): 3131,7
006	Canchagua Chico (casa final)	Latitud (WGS 84): 0°48'3,37"S Longitud (WGS 84): 78°40'41,34"O Altitud (m): 3070,1
007	Canchagua (casa inicial)	Latitud (WGS 84): 0°48'22,11"S Longitud (WGS 84): 78°41'10,84"O Altitud (m): 3098,6
008	Canchagua (casa final)	Latitud (WGS 84): 0°48'39,30"S Longitud (WGS 84): 78°41'1,37"O Altitud (m): 3068
009	Salacalle (casa inicial)	Latitud (WGS 84): 0°49'22,36"S Longitud (WGS 84): 78°41'43,99"O Altitud (m): 3105,45
010	Salacalle (casa final)	Latitud (WGS 84): 0°50'0,23"S Longitud (WGS 84): 78°41'8,87"O Altitud (m): 3044,24

**Tabla 2** Tabla de coordenadas en los puntos de muestreo y codificación (Continuación)

Punto	Lugar	Ubicación	
011	La Mariscal (casa inicial)	Latitud (WGS 84):	0°50'12,74"S
		Longitud (WGS 84):	78°41'11,42"O
		Altitud (m):	3007,28
012	La Mariscal (casa final)	Latitud (WGS 84):	0°50'6,45"S
		Longitud (WGS 84):	78°40'44,04"O
		Altitud (m):	3001,34
013	Tanque de abastecimiento (Guasin Pinlloloma)	Latitud (WGS 84):	0°50'23,04"S
		Longitud (WGS 84):	78°41'5,76"O
		Altitud (m):	3074,5
014	Guasin Pinlloloma (casa inicial)	Latitud (WGS 84):	0°50'22,59"S
		Longitud (WGS 84):	78°41'4,47"O
		Altitud (m):	3068,3
015	Guasin Pinlloloma (casa final)	Latitud (WGS 84):	0°50'22,38"S
		Longitud (WGS 84):	78°40'46,86"O
		Altitud (m):	2995,3
016	Guasin Mollapamba (casa inicial)	Latitud (WGS 84):	0°50'39,04"S
		Longitud (WGS 84):	78°41'14,15"O
		Altitud (m):	3069,88
017	Guasin Mollapamba (casa final)	Latitud (WGS 84):	0°51'9,83"S
		Longitud (WGS 84):	78°41'7,82"O
		Altitud (m):	2985,06

Fuente: (*Mobile Topographer*).

Los puntos de muestreo fueron levantados mediante el programa *Mobile Topographer*.







### 3.1.3. Medición de parámetros *in situ*

Para la medición de los parámetros *in situ* se verificó que las sondas de los equipos se encuentren en perfectas condiciones, con baterías y correctamente calibrados, posteriormente se homogenizó el recipiente por tres veces para luego tomar un volumen de 600 mL de muestra en un vaso de precipitación, se introdujeron las sondas en el recipiente y se esperó un tiempo determinado para que se establezca la medición. Se realizó en el

siguiente orden temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno y turbiedad.

A continuación, en la tabla 3 se detallan los equipos utilizados en la campaña de monitoreo

**Tabla 3** Tabla de parámetros analizados in situ

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo</b>	<b>Método</b>	
Conductividad Eléctrica Salinidad	Conductímetro Modelo YSI 30	Amperométrico	
Oxígeno disuelto	Medidor de Oxígeno Disuelto Modelo HACH HQ30d	Electrométrico	
Potencial de Hidrógeno	Potenciómetro Modelo HACH HQ11d	Potenciométrico	
Temperatura	Termómetro	Medición Directa	
Turbiedad	Turbidímetro Modelo HACH 2100P	Nefelométrico	
Cloro libre residual	TEST KIT de medición Modelo Taylor K 1000	Ortotolodina	

**Fuente:** (Laboratorio de Ingeniería Ambiental).

### 3.1.4. Recolección, preservación y transporte de Muestras

Previo a la recolección de muestras se realizaron las siguientes actividades:

- Preparación de los envases de muestreo de vidrio o plástico y reactivos respectivos para la preservación de la muestra.
- Elaboración de las hojas de registro, un ejemplo se muestra en el anexo IV
- Coordinación con el representante de la comunidad para tener acceso a todo el sistema de agua.
- Verificación, preparación y calibración de los equipos para análisis *in situ*
- Preparación de materiales y equipos de muestreo como: guantes, mandil, *cooler*, cámara, GPS, etc

Para la recolección de muestras se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Enjuagar el recipiente con agua del cuerpo hídrico para homogenizar el frasco.
- Llenar el frasco con la cantidad establecida para cada parámetro a analizar.
- Rotular el frasco (código).
- Tener en cuenta la localización exacta del punto con la utilización de GPS.
- Registrar el lugar con fotografía.

Para el llenado de los recipientes existen ciertas condiciones como son: análisis microbiológico donde el recipiente debe ser llenado solo 3/4, para permitir la aireación y supervivencia de organismos. Se debe tener en cuenta que ciertas muestras necesitan preservantes descritos en el Anexo III, colocadas a una temperatura establecida, no se debe utilizar hielo seco debido a que las muestras se pueden congelar y en algunos casos se puede romper los recipientes. Los frascos deben ser sellados y colocados correctamente en el *cooler* para evitar que las muestras se rieguen.

- **Recolección de muestras para análisis fisicoquímico**

Se tomaron dos muestras en: las fuentes, el tanque de Canchagua Chico y tanque de Guasin Pinlloloma cada muestra con un litro de volumen, se utilizaron recipientes de vidrio para recolectar las muestras destinadas a análisis de fluoruros, nitratos, DQO y nitrógeno amoniacal, además, se preservaron mediante el uso de ácido sulfúrico, hasta que la muestra posea un  $\text{pH} < 2$ , para el resto de análisis se utilizó el recipiente de plástico.



- **Recolección de muestras para análisis microbiológicos**

El recipiente destinado a la recolección de muestras microbiológicas fue un recipiente estéril con boca ancha y cierre hermético para evitar escapes del agua, con un volumen de 100 mL. A aquellas muestras que presentaron cloro libre residual se le añadió dos gotas de tiosulfato del sodio al 1% para su preservación.

Las muestras fueron ubicadas en un *cooler*, preservadas con hielo para su transporte hasta llegar al laboratorio y colocarlo en la refrigeradora. Se debe tomar en cuenta que el tiempo máximo de preservación de las muestras es 6 horas.

### 3.1.5. Elaboración de desinfectante (NaClO)

Los operadores de la comunidad elaboran el desinfectante (NaClO) mediante el proceso de electrolisis, el proceso es cerrado y se efectúa a través de la celda, mediante la adición de 2 kg de sal común (NaCl) en 40 L de agua durante un tiempo de 24 horas, a través del cual se obtiene el desinfectante (NaClO). Una vez terminado el proceso electrolítico, este volumen de agua se coloca en un tanque graduado de 200 L, para luego llenarlo con agua de la red hasta 180 L. Al final tiene una concentración de 4 g/L de Hipoclorito de Sodio, con una duración de dos días la cual se dosifica mediante goteo, a un caudal de 3,75 L/h.

## 3.2. Trabajo de Laboratorio

Para la realización de los ensayos en laboratorios se procedió a sacar las muestras refrigeradas y se esperó hasta que alcancen una temperatura ambiente, los diferentes parámetros fueron analizados en las primeras 24 horas mediante el proceso que se describe a continuación en la tabla 4.

**Tabla 4** Tabla de parámetros analizados en laboratorio.

Parámetro	Equipos	Método	Rango de Medición
Color	Espectrofotómetro UV-Vis, modelo 2700	Espectrofotométrico HACH 8025	15-500 Pt-Co
Cloruros	n/a	Volumétrico SM Part 4500-ClB	n/a

**Tabla 4** Tabla de parámetros analizados en laboratorio (continuación).

<b>Parámetro</b>	<b>Equipos</b>	<b>Método</b>	<b>Rango de Medición</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Incubadora WTW Modelo: TS606/2-i	Respirométrico APHA-5210-D	n/a
Demanda Química de Oxígeno	Espectrofotómetro UV-Vis, modelo 2700 Digestor de DQO HACH	Espectrofotométrico HACH-8000	0-150 mg/L
Fluoruros	Espectrofotómetro UV-Vis, modelo 2700,	Espectrofotométrico HACH-8029	0,02-2,00 mg/L
Fósforo Total	Espectrofotómetro UV-Vis, modelo 2700	Espectrofotométrico HACH-8190	0,00-3,50 g/L
Nitrógeno Amoniacal	Espectrofotómetro UV-Vis, modelo 2700	Espectrofotométrico HACH-8038	0,02-2,50 mg/L
Nitratos	Espectrofotómetro UV-Vis, modelo 2700	Espectrofotométrico HACH-8039	0,3-30,0 mg/L
Nitritos	Espectrofotómetro UV-Vis, modelo 2700	Espectrofotométrico HACH-8507	0,002-0,300 mg/L
Oxígeno Disuelto	n/a	Iodométrico 4500-O C	0-10 mg/L
Coliformes Fecales	Incubadora WTW Modelo: TS606/2-i Autoclave Tuttnauer Modelo: 3850ELV	Fermentación de Tubos Múltiples APHA-9222-D	NMP/100 mL<1,1

**Fuente:** (Standard Methods).

### **3.3. Socialización de Resultados**

La socialización de resultados tuvo como finalidad demostrar a las comunidades las diferentes actividades realizadas como campaña de muestreo, análisis de los resultados y plan de vigilancia, esto permite que los pobladores tengan conocimiento sobre la calidad de agua que ellos consumen.

La socialización fue realizada con los representantes de las comunidades de la parroquia de Canchagua que a su vez deberán informar a los socios, quienes se dedican a la agricultura, floricultura y ganadería siendo sus principales fuentes de ingreso, durante la charla se expuso los resultados obtenidos de los parámetros analizados mencionando que poseen agua de buena calidad, la parte con más relevancia fue la presentación del plan de vigilancia donde se explicó puntos importantes como son: formas de protección de las fuentes, formas de contaminación del agua en los domicilios, causas de contaminación del agua, enfermedades relacionadas al consumo de agua contaminada, medidas de seguridad para el cuidado del agua, hábitos higiénicos y métodos de desinfección que pueden ser realizados desde los hogares.

El cronograma de actividades se detalla en el anexo V y los afiches se incluyen en el Anexo VII.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Visita de Campo

Como resultado de la visita de campo se identificaron las estructuras de aprovechamiento y conducción del agua, su estado y localización, a continuación se detalla lo más relevante:

Las fuentes de agua se encuentran situadas en el sector de Chaluá donde existe mayor presencia de eucaliptos, cabuya, chilca e invernaderos. La figura 1 muestra la ubicación de las 3 fuentes mencionadas.



**Figura 1** Localización de las fuentes

**Fuente:** (Google Earth).

La primera fuente está protegida por una construcción a su alrededor, la cual posee una cerradura que impide el ingreso de personal no autorizado; esta fuente es aprovechada en su totalidad. Sin embargo gran parte del caudal es captado para los pobladores del cantón Saquisilí, se puede observar en la figura 2. La segunda fuente es agua subterránea recolectada mediante tuberías colocadas a lo largo de la quebrada, a una profundidad de 3m. Contiene 14 tapas (cámaras) y un desarenador al final. La tercera fuente posee una pequeña construcción que realiza la función de acumular y conducir el agua mediante tubería a las comunidades.



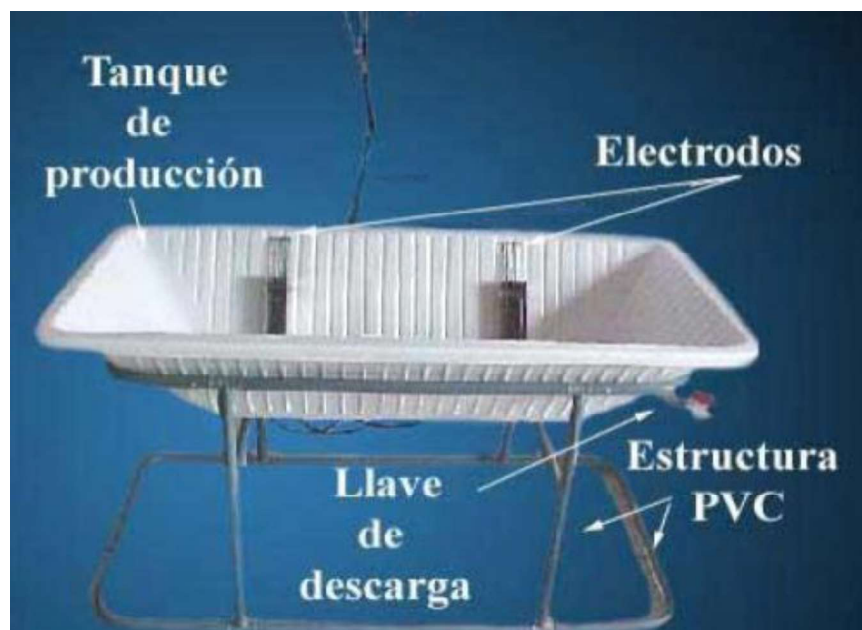
**Figura 2** Vegetación alrededor de la fuente 1

**Fuente:** Orta D., Pabón P.

El primer tanque de almacenamiento ubicado en Canchagua Chico está compuesto por un sistema de desinfección, por lo que en adelante se lo identificará como Tanque de Cloración. El proceso de cloración es proporcionado a través de un sistema de electrólisis, el cual consta de una fuente de poder, celda electrolítica y un tanque plástico como se muestra en la figura 3.

El tanque de cloración fue construido hace 20 años (tiempo aproximado) y durante este tiempo, la estructura no ha presentado problemas. Se caracteriza por tener alrededor vegetación con mayor presencia de pino, cabuya y eucalipto.

El segundo tanque de abastecimiento ubicado en Canchagua tiene 28 años (tiempo aproximado) sin presencia de fugas. El tercer tanque de abastecimiento ubicado en Salacalle fue construido hace 25 años (tiempo aproximado) y se conserva en óptimas condiciones.



**Figura 3** Herramienta usada para la obtención del desinfectante

**Fuente:** (Clorid L-90, 2018).

El cuarto tanque de abastecimiento perteneciente a la parroquia de Guasin Pinlloloma posee un tiempo de construcción de 10 años en el cual se observó una estructura deteriorada debido a la filtración de agua.

#### **4.1.1. Optimización del proceso de elaboración del desinfectante**

Para la elaboración del desinfectante ( $\text{NaClO}$ ) mediante el proceso de electrólisis, se estableció realizar un ajuste con la utilización del manual CLORID L-90. Donde se detalla que la dosificación adecuada es añadir 3kg de sal común ( $\text{NaCl}$ ) en 40 L de agua durante 24 horas, posteriormente colocar en un tanque graduado de 100 L llenando con agua de la red hasta 90 L y mediante goteo a un caudal de 3,75 L/h, se realiza el proceso de desinfección. (Clorid L-90, 2018)

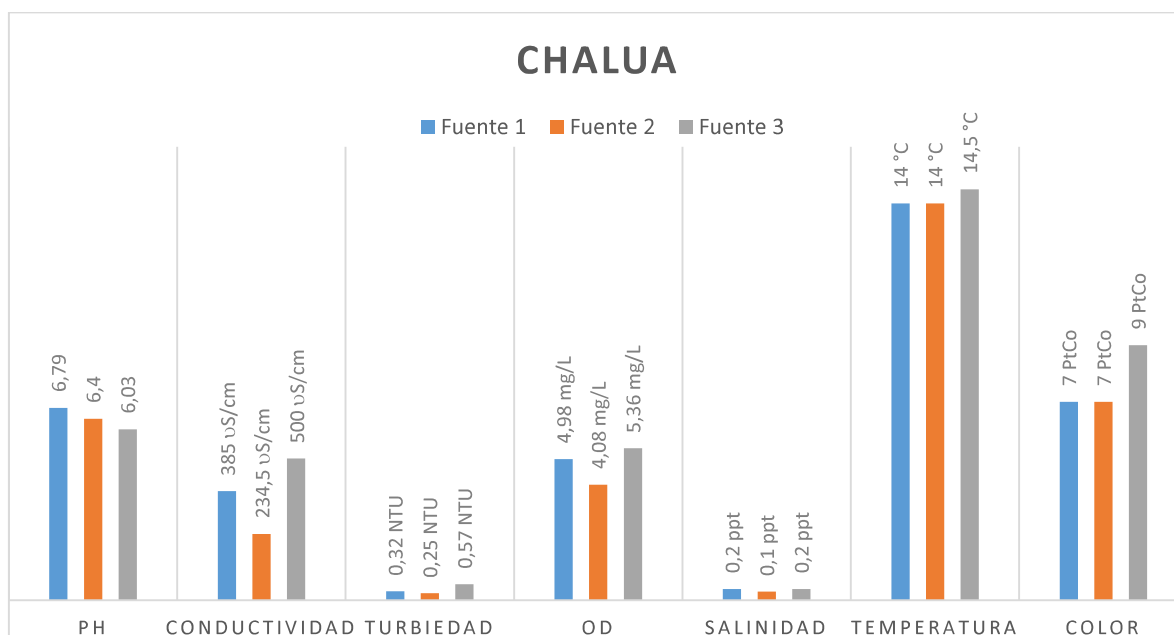
Después de realizar el ajuste al proceso de electrólisis con la utilización de la nueva cantidad de sal común ( $\text{NaCl}$ ), se obtuvieron valores del cloro libre residual en la casa inicial de Canchagua Chico (005) y casa final de Guasin Pinlloloma (017) en un rango de 1,3 mg/L - 0,3 mg/L, resultados entregados por el operador mediante la utilización del método ortotolodina.

## 4.2. Evaluación de la calidad de agua

La evaluación se realizó en tres sitios de interés las fuentes, tanques de Canchagua Chico y Guasin Pinlloloma y la red de distribución, esto permitirá definir si existe algún tipo de contaminación en alguno de los puntos.

### 4.2.1. Evaluación de los resultados obtenidos en las fuentes

Como se observa en la figura 4, las fuentes al estar en el mismo sector presentan valores cercanos tanto para pH, salinidad, temperatura y color, excepto en el punto 3 que en días anteriores presentó un deslizamiento de tierra motivo por el cual, pudo existir un aumento en los parámetros de la conductividad y la turbiedad, además el oxígeno disuelto es relativamente bajo para las fuentes esto se debe a la altura donde se encuentran localizadas.

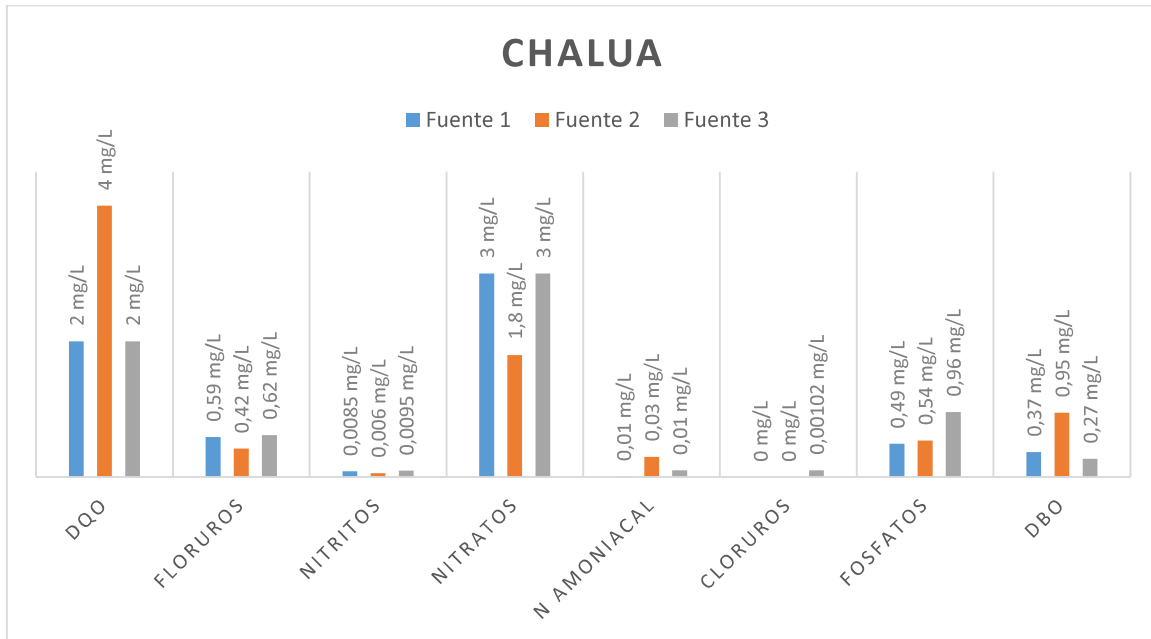


**Figura 4** Resultados físicos de las fuentes

**Fuente:** Orta D., Pabón P.

En la figura 5, se observan los resultados obtenidos de los parámetros químicos, comprobando que el agua es de buena calidad, con valores de DQO 2 mg/L y DBO<sub>5</sub>, <1 mg/L. Los cloruros, fosfatos y nitratos tienen una presencia mínima en las fuentes. El nitrógeno amoniacal, los nitritos y fluoruros se encuentran en rangos bajos dando a entender que la población tendrá menos probabilidad de contraer enfermedades.

El agua que abastece a las diferentes comunidades proviene de fuentes naturales cuyos resultados obtenidos se encuentran dentro de un rango permisible para consumo.



**Figura 5** Resultados químicos de las fuentes

Fuente: Orta D., Pabón P.

#### 4.2.2. Evaluación de resultados obtenidos en los tanques de abastecimiento

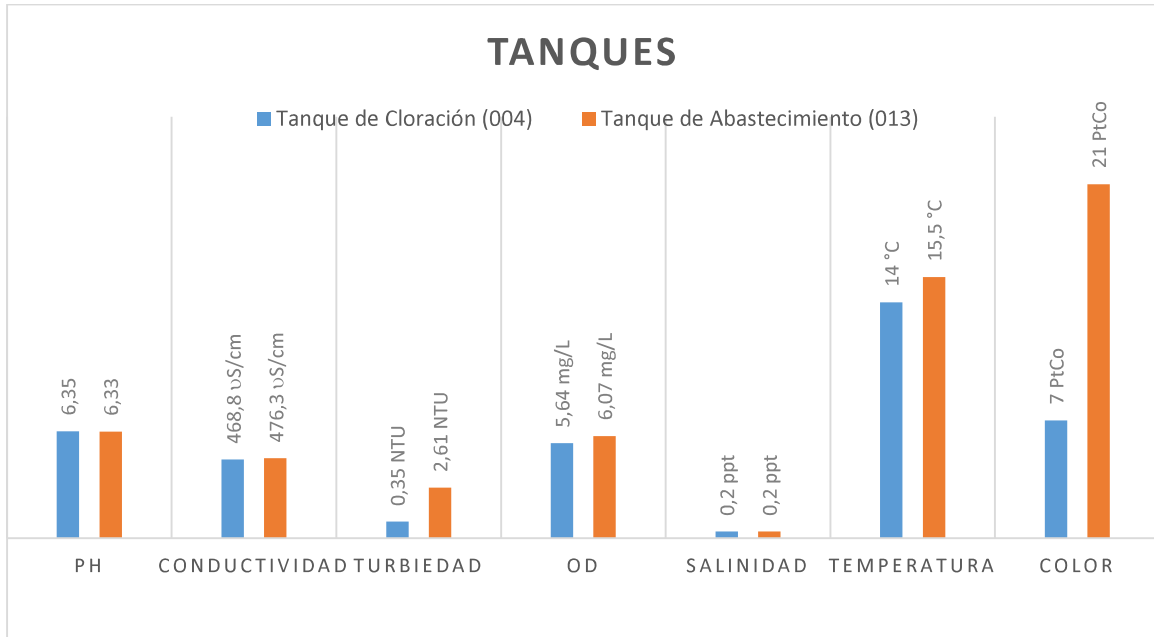
El tanque de cloración ubicado en la comunidad Canchagua Chico se codificó con 004, mientras que el tanque de abastecimiento perteneciente a Guasin Pinlloloma se codificó con 013.

El tanque de cloración (004) se encuentra ubicado en la comunidad de Canchagua Chico y abastece a la misma comunidad, el tanque de abastecimiento de Guasin Pinlloloma (013) abastece a las comunidades de La Mariscal, Guasin Mollapamba y Guasin Pinlloloma.

Las comunidades de Canchagua y Salacalle disponen de tanques de almacenamiento los cuales no han sido tomados en cuenta para la respectiva evaluación, pero se han realizado los respectivos análisis en las viviendas de cada comunidad.



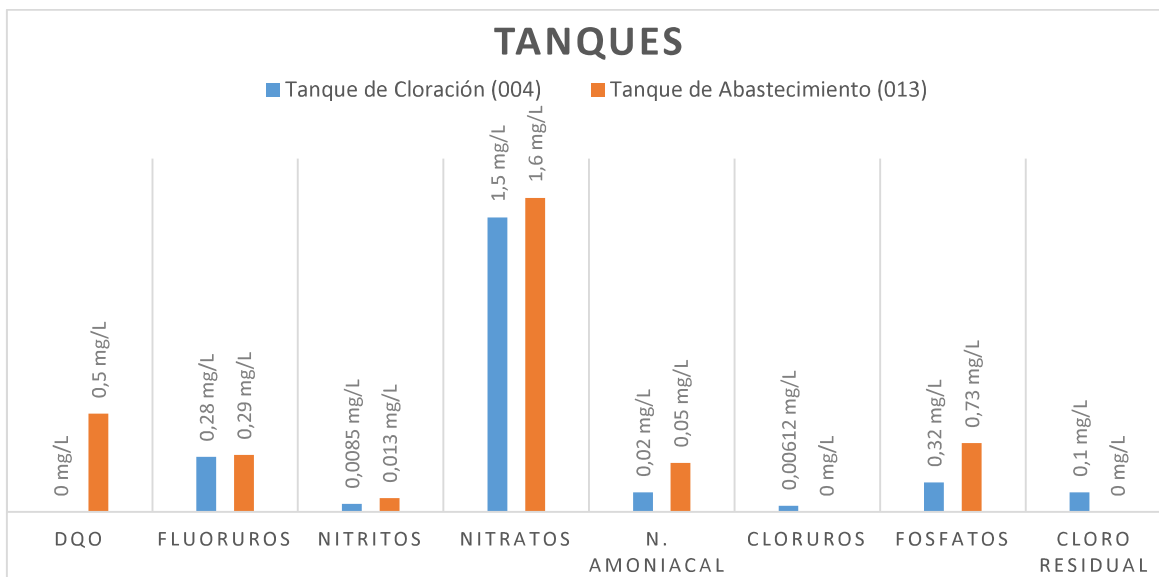
De acuerdo a la figura 6, el valor promedio obtenido en los tanques es: pH de 6,34, conductividad de 472,55  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , turbiedad de 1,48 NTU, oxígeno disuelto de 5,86 mg/L, salinidad de 0,2 ppt temperatura de 14,25 °C y color de 14 Pt-Co.



**Figura 6** Resultados de los parámetros físicos de los tanques

**Fuente:** Orta D., Pabón P.

Según se muestra en la figura 7, los resultados de los análisis químicos en los tanques de cloración y almacenamiento, registran un valor promedio en DQO 0,5 mg/L, fluoruros 0,55 mg/L, nitritos 0,011 mg/L, nitratos 2,63 mg/L, nitrógeno amoniacal de 0,04 mg/L, fosfatos 0,53 mg/L, sin presencia de cloruros, y cloro libre residual 0,1 mg/L.



**Figura 7** Resultados de los parámetros químicos de los tanques

**Fuente:** Orta D., Pabón P.

El tanque de abastecimiento presenta un deterioro en su estructura, debido a la mala construcción y mantenimiento, observándose presencia de partículas suspendidas, lo cual genera una pequeña variación de resultados en algunos parámetros físico – químicos de acuerdo a los registrados en el tanque de cloración.

Las muestras analizadas no presentaron materia biodegradable por lo que la DBO<sub>5</sub> no registro valores, sin embargo, la DQO muestra una baja presencia de materia degradable, determinado que no existe la presencia de microorganismo que afecten a la salud humana.

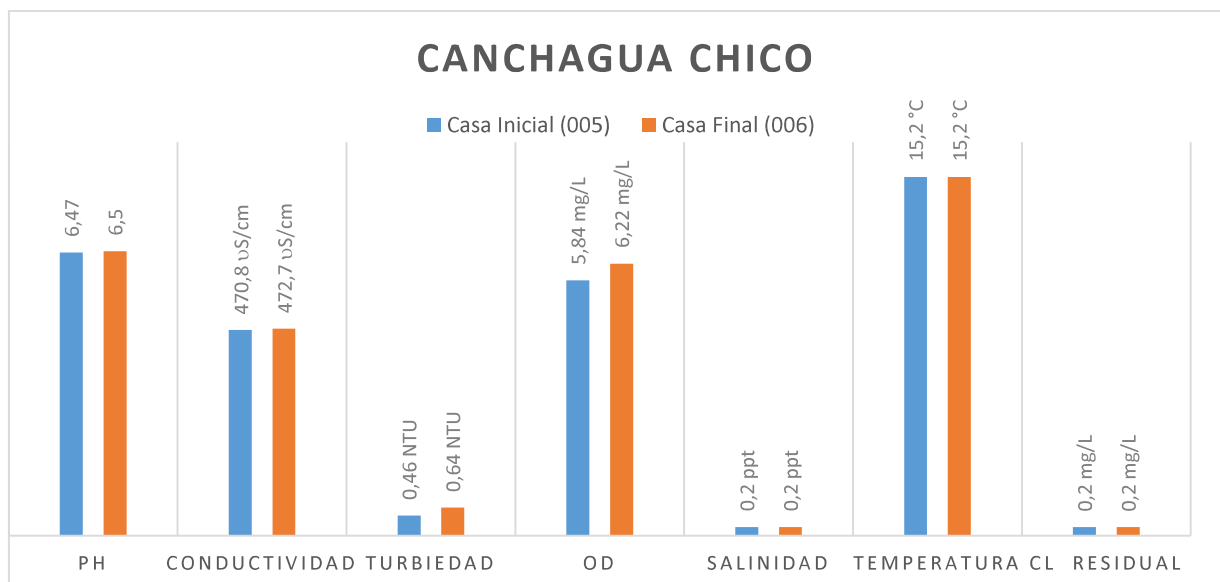
El estado de los tanques no afecta la concentración de fluoruros. Los nitritos, nitratos y nitrógeno amoniacal son valores muy bajos que no influyen en la calidad del agua; pero su leve aumento puede derivarse de infiltraciones pluviales en los tanques.

#### **4.2.3. Evaluación de resultados obtenidos en la red de distribución.**

Los parámetros analizados presentan resultados similares al del tanque de cloración con valores promedio de pH 6,48, conductividad 471,75  $\mu$ S/cm, turbiedad 0,55 NTU, salinidad 0,2 ppt, temperatura 15,2 °C, oxígeno disuelto 6,03 mg/L, DBO<sub>5</sub> 0,41 mg/L y coliformes fecales menor a 1,1 NMP/100 mL.

El cloro libre residual en la primera casa registra el mismo resultado que en el tanque de cloración obteniendo 0,20 mg/L, encontrándose por debajo de la normativa INEN 1108, lo cual es ineficiente para una eliminación efectiva de microorganismos patógenos que pueden infiltrarse a lo largo de la red de distribución, de igual manera no se evidencia una desviación significativa en el oxígeno disuelto.

En la figura 8 podemos visualizar los valores obtenidos en la comunidad de Canchagua Chico identificando una calidad de agua similar al tanque de cloración.

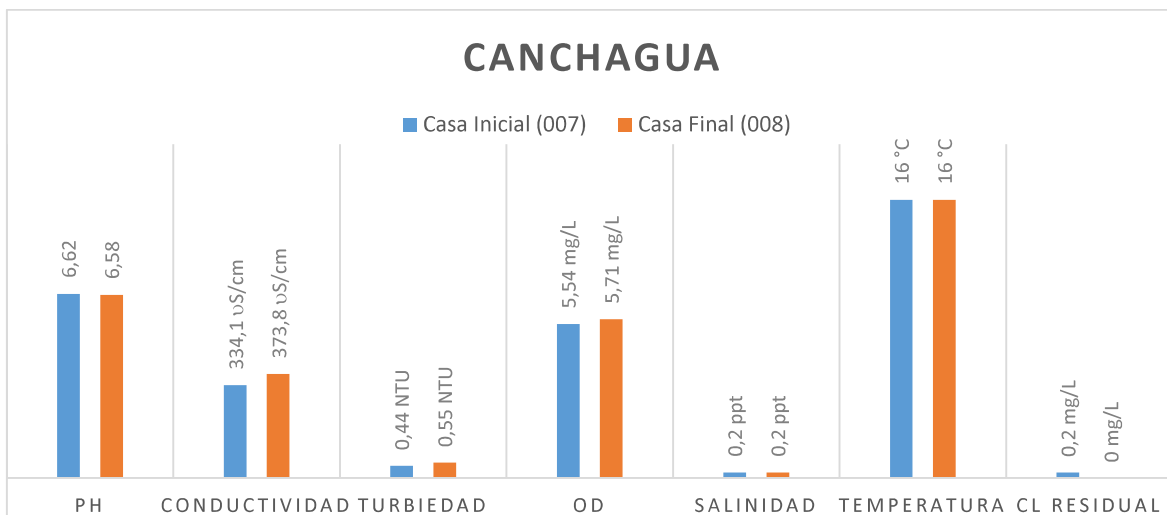


**Figura 8** Resultados obtenidos en Canchagua Chico

**Fuente:** Orta D., Pabón P.

De acuerdo a la figura 9, Canchagua posee valores promedios de pH 6,60, conductividad 353,95  $\mu$ S/cm, turbiedad 0,49 NTU, oxígeno disuelto 5,63 mg/L, salinidad 0,2 ppt y temperatura 16 °C, la primera vivienda presenta cloro libre residual con un valor 0,2 mg/L.

A lo largo de la red el cloro libre residual ha desaparecido haciendo que el agua sea susceptible a contaminación por microorganismo patógenos, los coliformes fecales se encuentran por debajo de 1,1 NMP/100 mL y la DBO<sub>5</sub> 0,26 mg/L lo que puede evidenciar que el tanque de abastecimiento de esta comunidad no ha tenido problema alguno y otorga agua segura para los consumidores.



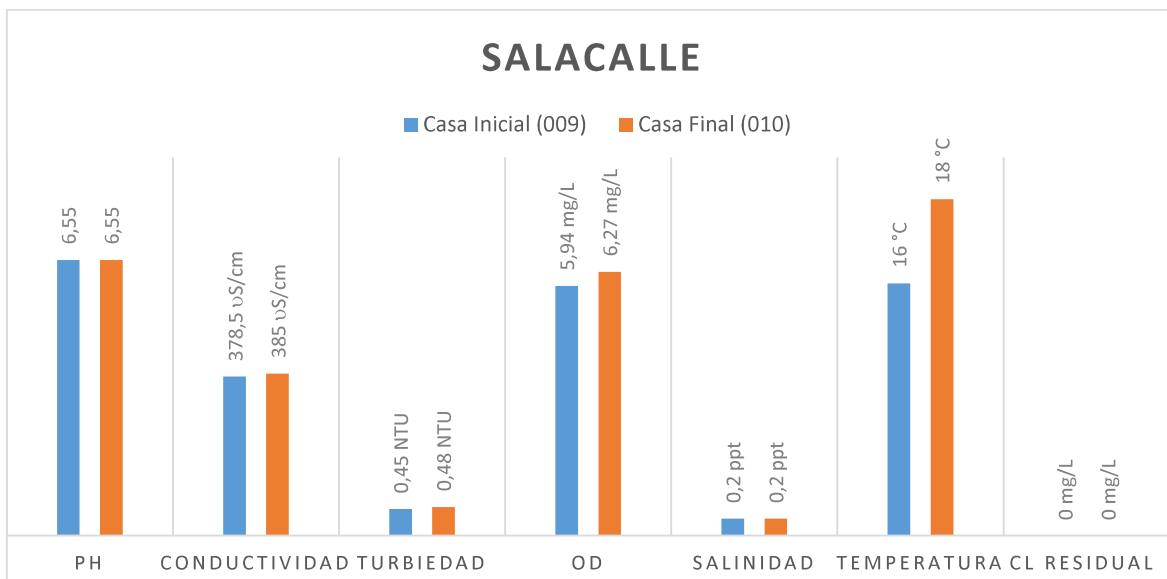
**Figura 9** Resultados obtenidos en Canchagua

**Fuente:** Orta D., Pabón P.

Salacalle posee un tanque de abastecimiento que abastece a la comunidad y a varias viviendas de Canchagua, la primera casa (punto 009) se encuentra a 50 m del tanque.

En la figura 10 se indican los valores promedios para pH 6,55, conductividad 381,8  $\mu$ S/cm turbiedad 0,46 NTU, oxígeno disuelto 6,11 mg/L, salinidad 0,2 ppt y temperatura 17 °C.

La DBO<sub>5</sub> es 0,58 mg/L, coliformes fecales menor a 1,1 NMP/100 mL y no existe presencia de cloro libre residual, el oxígeno disuelto analizado en los puntos de la comunidad son semejantes, entendiéndose que la condición del tanque de abastecimiento no afecta la calidad del agua.

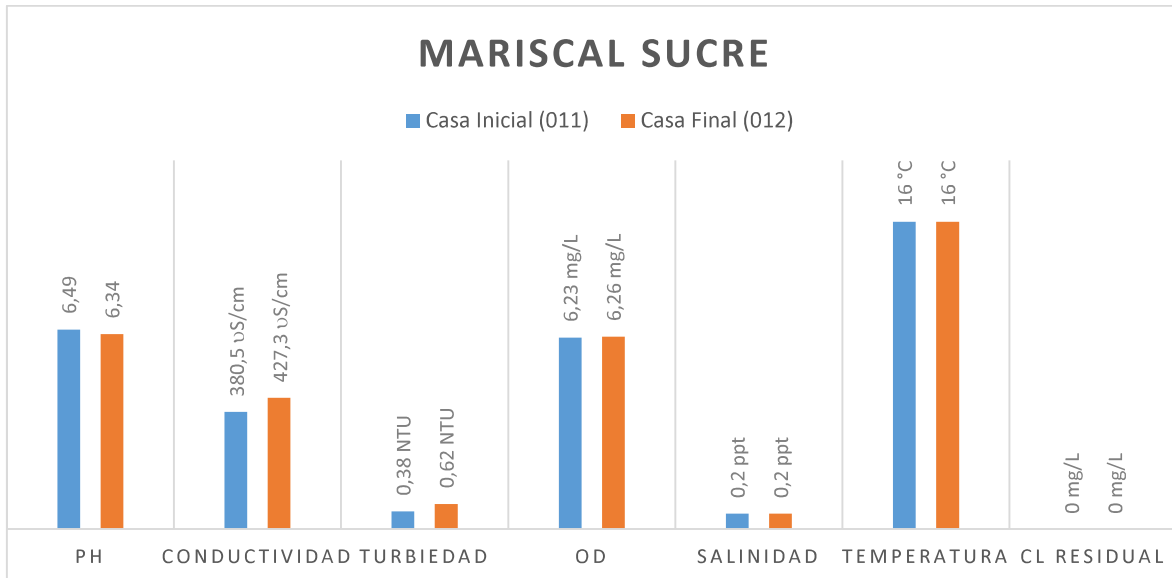


**Figura 10** Resultados obtenidos en Salacalle

**Fuente:** Orta D., Pabón P.

En la figura 11 se muestran los resultados obtenidos de los parámetros analizados en la comunidad La Mariscal, donde se evidencia valores de pH 6,42, conductividad 404  $\mu\text{S/cm}$ , oxígeno disuelto 6,25 mg/L, turbiedad 0,5 NTU y temperatura 16 °C, la salinidad se encuentra constante, así como la ausencia de cloro libre residual.

La DBO<sub>5</sub> 0,63 mg/L, y coliformes fecales menor a 1,1 NMP/100 mL, sabiendo que la comunidad obtiene el líquido vital del tanque de almacenamiento Guasin Pinlloloma y a pesar de las condiciones en las que se encuentra el tanque los resultados de los parámetros analizados en las viviendas no demuestran una alteración en las propiedades físico, químico y microbiológicas del agua, indicando que es apta para el consumo.

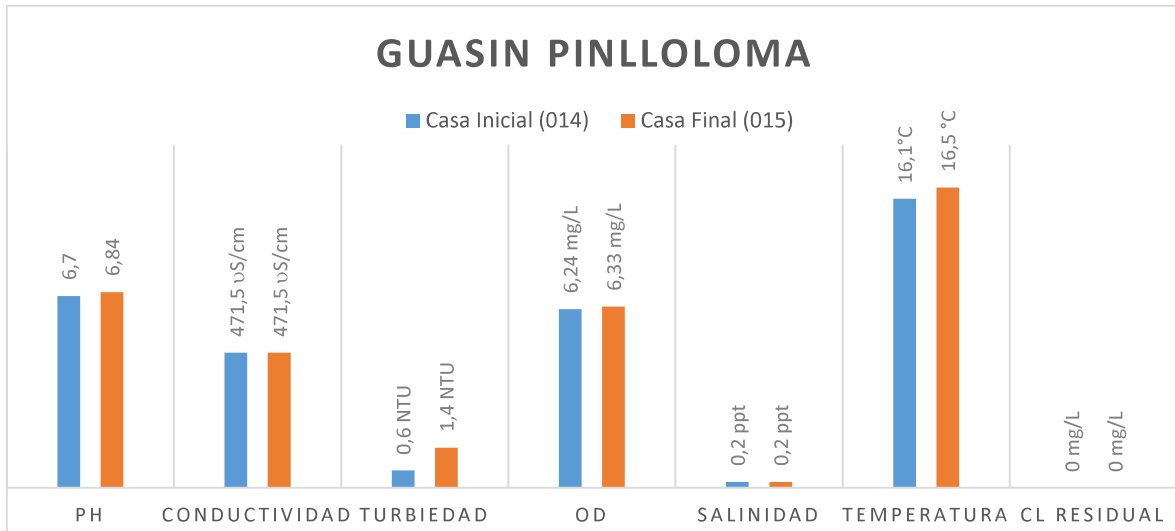


**Figura 11** Resultados obtenidos en La Mariscal Sucre

**Fuente:** Orta D., Pabón P.

En la figura 12 se muestran los resultados obtenidos de los parámetros analizados en la comunidad Guasin Pinlloloma, donde observamos los valores de pH 6,77, conductividad 471,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , turbiedad 0,9 NTU, salinidad 0,2 ppt, temperatura 16,4 °C y oxígeno disuelto 6,29 mg/L. Tampoco existe presencia de cloro libre residual, los coliformes fecales están por debajo 1,1 NMP/100 mL y se registran valores de DBO<sub>5</sub> 0,73 mg/L.

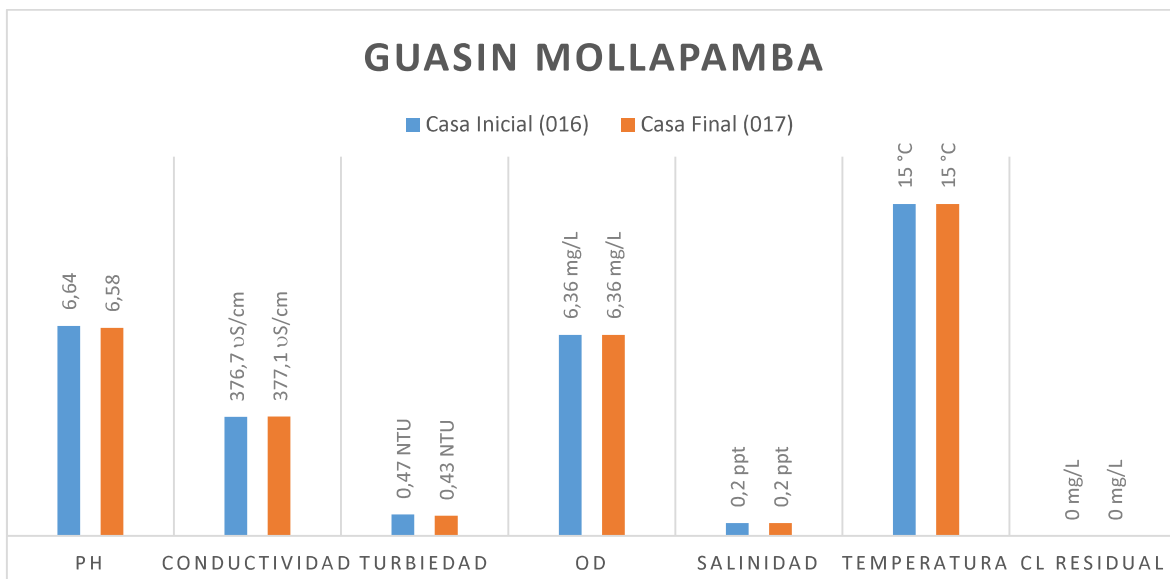
De acuerdo a los valores obtenidos se conoce que el agua no presenta riesgo alguno para el consumo de los moradores de la comunidad.



**Figura 12** Resultados obtenidos en Guasin Pinlloloma

**Fuente:** Orta D., Pabón P.

En la figura 13 se presenta los resultados de los parámetros de la comunidad de Guasin Mollapamba, en la cual se obtuvieron valores de pH 6,61, conductividad 376,9  $\mu$ S/cm, turbiedad 0,45 NTU, oxígeno 6,36 mg/L, salinidad 0,2 ppt, temperatura 15°C, DBO<sub>5</sub> 0,9 mg/L, sin presencia de cloro libre residual y los coliformes fecales por debajo de 1,1 NMP/100 mL.



**Figura 13** Resultados obtenidos en Guasin Mollapamba

**Fuente:** Orta D., Pabón P.

De acuerdo a la evaluación realizada en la red de distribución se puede determinar que las comunidades poseen agua apta para el consumo humano. Donde los resultados obtenidos de los parámetros analizados varían levemente por ejemplo el oxígeno disuelto altera su concentración en función de la altura; a mayor altitud menor oxígeno y a menor altitud mayor oxígeno.

Las comunidades realizan el proceso de electrolisis mediante la utilización de cloruro de sodio para la desinfección del agua, sin afectar la salinidad permaneciendo constante a lo largo del sistema de abastecimiento y siendo característico de agua para consumo humano.

### **4.3. Contraste con la Normativa vigente para Agua de consumo**

Se ha procedido a realizar una comparación de resultados obtenidos con los límites máximos permisibles de cada parámetro que se encuentran en las normativas vigentes.

#### **4.3.1. Análisis del Acuerdo Ministerial No. 028**

El Acuerdo Ministerial se basa en la calidad de fuentes hídricas, es por ello que se ha procedido a una comparación de resultados descritos en la tabla 5.

**Tabla 5** Tabla de valores obtenidos en las fuentes según el Acuerdo Ministerial No. 028



<b>PARAMETROS</b>	<b>Fuente 1</b>	<b>Fuente 2</b>	<b>Fuente 3</b>	<b>Normativa</b>
<b>pH</b>	6,79	6,40	6,03	6-9
<b>Conductividad (<math>\square</math> S/cm)</b>	385	234,5	500	----
<b>Turbiedad (NTU)</b>	0,32	0,25	0,57	5
<b>Oxígeno Disuelto (mg/L)</b>	4,98	4,08	5,36	---
<b>Salinidad (ppt)</b>	0,2	0,1	0,2	---
<b>Temperatura (°C)</b>	14	14	14,5	---
<b>DQO (mg/L)</b>	0	4,5	0	<4
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	0,37	0,95	0,27	<2
<b>Fluoruros (mg/L)</b>	0,59	0,42	0,62	1,5
<b>Nitritos (mg/L)</b>	0,0085	0,006	0,0095	0,2
<b>Nitratos (mg/L)</b>	3	1,8	3	50
<b>Color (Pt-Co)</b>	7	7	9	15
<b>Nitrógeno Amoniacal (mg/L)</b>	0,01	0,03	0,01	---
<b>Fosfatos (mg/L)</b>	0,49	0,54	0,96	---
<b>Cloruros (mg/L)</b>	0	0	0,00102	---
<b>Coliformes Fecales (NMP/100 mL)</b>	<1,8	<1,8	<1,8	<20

**Fuente:** Orta D., Pabón P.

De acuerdo a los resultados comparados en la tabla 5 se puede determinar que todos los parámetros se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial Nro. 028, exceptuando la DQO que sobrepasa lo establecido en la segunda fuente con 0,5 mg/L, lo que implica que la fuente puede ser utilizada para consumo humano previo a un tratamiento convencional.

### 4.3.2. Análisis de la Norma INEN 1108 para Agua de Consumo

La Norma INEN 1108 establece criterios de cumplimiento para calidad de agua de consumo humano, ejecutando análisis en los tanques de almacenamiento y la red de distribución que ha permitido realizar una comparación de valores, descrito en la tabla 6.

**Tabla 6** Tabla de valores obtenidos en los tanques de acuerdo a la Norma INEN 1108

<b>PARAMETROS</b>	<b>Tanque de Canchagua Chico</b>	<b>Tanque de Guasin Pinlloloma</b>	<b>Norma INEN</b>
<b>pH</b>	6,35	6,33	6-9
<b>Conductividad (□S/cm)</b>	468,80	476,30	---
<b>Turbiedad (NTU)</b>	0,35	2,61	5
<b>Oxígeno Disuelto (mg/L)</b>	5,64	6,07	---
<b>Salinidad (ppt)</b>	0,20	0,20	---
<b>Temperatura (°C)</b>	14	15,50	---
<b>DQO (mg/L)</b>	0	1	---
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	0	0	---
<b>Fluoruros (mg/L)</b>	0,54	0,55	1,5
<b>Nitritos (mg/L)</b>	0,008	0,013	0,2
<b>Nitratos (mg/L)</b>	2,55	2,70	50
<b>Color (Pt-Co)</b>	7	21	15

**Tabla 6** Tabla de valores obtenidos en los tanques de acuerdo a la Norma INEN 1108 (continuación)

<b>PARAMETROS</b>	<b>Tanque de Cloración Canchagua Chico</b>	<b>Tanque de Abastecimiento Guasin Pinlloloma</b>	<b>Norma INEN</b>
<b>Nitrógeno Amoniacal (mg/L)</b>	0,02	0,05	---
<b>Fosfatos (mg/L)</b>	0,32	0,73	---
<b>Cloruros (mg/L)</b>	0,00612	0	---
<b>Cloro Libre Residual (mg/L)</b>	0,20	0	0,3-1,5
<b>Coliformes Fecales (NMP/100mL)</b>	<1,1	<1,1	<1,1

**Fuente:** Orta D., Pabón P.

Una vez realizado el contraste de resultados podemos interpretar que los parámetros analizados cumplen con los requisitos establecidos en la Norma INEN 1108, determinando que el agua de consumo se encuentra en óptimas condiciones. Pese a ello se puede apreciar que algunos resultados en el segundo tanque de almacenamiento son ligeramente mayores al primero, debido a que el tanque se encuentra deteriorado mismo que necesita ser reparado para continuar en funcionamiento y no alterar la calidad del agua.

#### **4.3.3. Red de Distribución**

Consta de doce puntos conformado por una casa inicial y otra casa al final de la red en cada comunidad las cuales se localizan dentro de la Parroquia de Canchagua. En la tabla 7 se encuentran los valores obtenidos en cada punto, evidenciándose que los resultados están dentro de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma INEN 1108, excepto el cloro libre residual que se encuentra bajo el rango establecido por la normativa.

**Tabla 7** Tabla de valores obtenidos en la red de distribución de acuerdo a la Norma INEN 1108

PARAMETROS	Canchagua chico		Canchagua		Salacalle		La Mariscal		Guasin Pinlloloma		Guasin Mollapamba		Norma
	Inicial (5)	Final (6)	Inicial (7)	Final (8)	Inicial (9)	Final (10)	Inicial (11)	Final (12)	Inicial (14)	Final (15)	Inicial (16)	Final (17)	
<b>pH</b>	6,47	6,50	6,62	6,58	6,55	6,55	6,49	6,34	6,70	6,84	6,64	6,58	6-9
<b>Conductividad (<math>\mu</math>S/cm)</b>	470,8	472,7	334	373,8	378,5	385	380,5	427,3	471,5	471,5	376,7	377,1	---
<b>Turbiedad (NTU)</b>	0,46	0,64	0,44	0,55	0,45	0,48	0,38	0,62	0,60	1,4	0,47	0,43	5
<b>Oxígeno Disuelto (mg/L)</b>	5,84	6,22	5,54	5,71	5,94	6,27	6,23	6,26	6,24	6,33	6,36	6,36	---
<b>Salinidad (ppt)</b>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	---
<b>Temperatura (°C)</b>	15,2	15,2	16	16	16	18	16	16	16,1	16,5	15	15	---
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	0,41		0,26		0,58		0,63		0,73		0,9		---
<b>Cloro Libre Residual (mg/L)</b>	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3-1,5
<b>Coliformes Fecales (NMP/100 mL)</b>	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1

#### **4.4. Plan de vigilancia**

La propuesta del plan de vigilancia se encuentra redactado en el anexo VII del presente documento.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

- Mediante la evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, en base al Acuerdo Ministerial Nro. 028 y la Norma INEN 1108, se determinó que el sistema de abastecimiento suministra agua de buena calidad.
- En el ensayo microbiológico se obtuvieron resultados bajo el límite máximo permisible establecido en la Norma INEN 1108, realizando una prueba presuntiva donde se descartó la presencia de coliformes fecales en los domicilios.
- Dentro de los análisis químicos el cloro libre residual no cumple con el rango establecido en la Norma INEN 1108, por lo que el agua es susceptible a obtener microorganismos patógenos a lo largo de la red de distribución.
- Se realizó un ajuste en el proceso de electrolisis para obtener desinfectante con mayor concentración, obteniendo un cloro libre residual de 1.3 mg/L al inicio de la red de distribución en el punto 004 y un valor de 0.3 mg/L en el punto 0.17
- Debido a que los moradores viven en una zona rural, el presente trabajo propone un plan de vigilancia que sugiere actividades relacionadas a buenas prácticas sanitarias, cuidado y manejo del agua.

### **5.2. Recomendaciones**

- Realizar recorridos periódicos a lo largo del sistema de abastecimiento, para identificar posibles fugas, desgastes y fuentes de contaminación.
- Realizar análisis periódicos en diferentes puntos del sistema de abastecimiento detallado en la tabla 1 del plan de vigilancia de la calidad de agua para la Junta Administradora De Agua Potable y Saneamiento Regional Canchagua.

- Preparar el desinfectante (NaClO) cada 24 h para garantizar la calidad del agua mediante la eliminación de organismos patógenos, beneficiando a los pobladores de la comunidad.
- Dialogar con el Sub Centro de Salud de la Parroquia de Canchagua para que brinden capacitaciones a las comunidades en temas higiénicos, uso, manejo y cuidado del agua, que desarrollen habilidades y conocimientos necesarios para prevenir enfermedades.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Adam, W. (15 de Noviembre de 2012). Obtenido de [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Coliform\\_Ecoli\\_Bacteria%2012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Coliform_Ecoli_Bacteria%2012-11-15-SP.pdf)
- Adam, W. (12 de Noviembre de 2015). region8water.colostate.edu. Obtenido de [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Alkalinity\\_pH\\_TDS%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf)
- AGBAR. (07 de febrero de 2003). quagest. Obtenido de <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf>
- Agua, C. N. (2017). Manual de Agua Potable , alcantarillado y saneamiento de desinfección para sistemas de Agua Potable.
- Ambiental, G. d. (2015). Parámetros Organolépticos. Obtenido de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)
- Ambiente, M. d. (2015). Acuerdo Ministerial No. 208. Quito : Ministerio del Ambiente . Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155123.pdf>
- Arizona, U. d. (Marzo de 2014). extension.arizona. Obtenido de <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros físicos químicos de la calidad de Agua. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- Barreto, P. (15 de Febrero de 2010). Protocolo de Monitoreo del Agua . Santiago: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo. Obtenido de [https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/research/protocols/Protocolo\\_Agua.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/Protocolo_Agua.pdf)



Campoverde, J. (2015). Análisis del efecto toxicológico que provoca el consumo humano de Agua no Potable, mediante la determinación de cloro libre residual en Aguas tratadas de las Parroquias Rurales del cantón Cuenca . Cuenca: Universidad Estatal de Cuenca .

Cárdenas, Z. M. (2017). Análisis de la cobertura en el sector Rural de Agua Potable y Saneamiento básico en países de estudio de América Latina. Utilizando cifras oficiales de la Cepal. Bogotá: Universidad de la Salle .

Clorid L-90. (2018). Obtenido de <http://www.clorid.com/documentos/J%20Catalogo%20clorid%20L-90.pdf>

Enfermedades, A. p. (06 de Mayo de 2016). ATSDR. Obtenido de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_toxfaqs\\_index.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_toxfaqs_index.html)

FONAG. (1 de Marzo de 2008). Fondo para la Protección del agua. Obtenido de [http://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2016/11/AGUA\\_A\\_FONDO3.pdf](http://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2016/11/AGUA_A_FONDO3.pdf)

González, L. L. (12 de Diciembre de 2013). Química . Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:VdeTDpP-tLkJ:revistas.utp.ac.pa/index.php/mente-y-materia/article/download/334/pdf+&cd=11&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec>

Goyenola, G. (01 de junio de 2007). imasd.fcien. Obtenido de [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/transparencia\\_color\\_%20turbidez.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/transparencia_color_%20turbidez.pdf)

INEC. (2015). Estadística de Información Ambiental. Quito: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo.

INEN. (2013). Agua. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INEN. (Enero de 2014). Agua Potable, Requisitos. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>

- INEN. (2014). NTE INEN 1108 Agua Potable: Requisitos. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN 2169. (Junio de 2013). Agua. Calidad del Agua. muestreo. manejo y conservación de muestras. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://vdocuments.site/inen2169-muestreo.html>
- INVIMA. (2015). Plan de muestreo para la verificación de parámetros microbiológicos y físicosquímicos establecidos para las aguas envasadas en la Resolución 12186 de 1991 y Norma CODEX STAN 108-1981 para aguas minerales . Bogotá: Instituto Nacional de Vigilancia.
- Jiménez, I. J. (2013). Manual para diseño de sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario . México: Universidad Veracruzana. Obtenido de <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>
- Lagger, J. (2000). La importancia de la calidad del Agua . Buenos Aires: Facultad de Ciencias Veterinarias. Obtenido de [http://produccion-animal.com.ar/agua\\_bebida/32-calidad\\_agua\\_en\\_produccion\\_lechera.pdf](http://produccion-animal.com.ar/agua_bebida/32-calidad_agua_en_produccion_lechera.pdf)
- Marx, I. A. (01 de febrero de 2016). Calidad del agua de consumo humano en España. Madrid: Instituto de Educación Secundaria Juan Gris. Obtenido de [http://www.iesjuangris.com/index.php?option=com\\_attachments&task=download&id=11](http://www.iesjuangris.com/index.php?option=com_attachments&task=download&id=11)
- Mazapanta, J. (29 de Diciembre de 2018). Junta Regional de Agua Potable. (D. Orta, Entrevistador)
- Oficial, R. (2015). Acuerdo Ministerial No. 028. Quito: Ministerio del Ambiente.
- OMS. (2006). Organización Mundial de la Salud . Obtenido de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
- OMS. (2011). Guías para la calidad de agua de consumo humano. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

- Oña, J. (16 de 9 de 2018). Junta Regional de Agua Potable. (D. Orta, Entrevistador)
- OPS. (2002). Guía para vigilancia y control de la calidad de agua para consumo humano. Lima: Organización Panamericana de Salud.
- OPS. (01 de mayo de 2011). disaster. Obtenido de <http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf>
- Romero, V. (2017). Consecuencias de la fluoración del agua . Santiago : Salud Pública . Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v145n2/art12.pdf>
- SENAGUA. (2014). Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de Agua Potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural . Obtenido de [https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma\\_urbana\\_para\\_estudios\\_y\\_disenos.pdf](https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf)
- SENPLADES. (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Canchagua . Saquisilí: Gobierno Autónomo Descentralizado Cantón Saquisilí .
- Serrano, A. B. (01 de Septiembre de 2018). ongawa. Obtenido de <https://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2015/09/Agua-CAS-revisar2.pdf>
- SIAPA. (2014). Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades. Sistemas de Agua Potable. Guadalajara: SIAPA.
- Sierra, C. A. (2013). Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos del agua . Cartagena : Fundación Universitaria Andaluza Inc.
- Toapanta, I. M. (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Saquisilí . Saquisilí : Gobierno Municipal del Cantón Saquisilí .
- Won, B. Y. (2009). Calidad Físico Químico y Bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubamdé, Guanacaste, Costa Rica . San José : Escuela de Ciencias Exactas Naturales .