UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TEMA:

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DEL AGUA EN LA PLANTA POTABILIZADORA DEL SECTOR TOLÓNTAG, PARROQUIA PÍNTAG, CANTÓN QUITO.

AUTORES:

NATALI SILVANA CASIGÑA GUAMÁN

JENNY MARICELA HARO SIMBAÑA

TUTOR:

MSC. LUIS ANTONIO DÍAZ SUNTAXI

PASTAZA-ECUADOR

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Por medio de la presente yo NATALI SILVANA CASIGÑA GUAMÁN, con cédula de ciudadanía n° 1600665648 y JENNY MARICELA HARO SIMBAÑA, con cédula de ciudadanía 1724914856, declaramos ser las autoras del trabajo titulado: **"ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DEL AGUA EN LA PLANTA POTABILIZADORA DEL SECTOR TOLÓNTAG, PARROQUIA PÍNTAG, CANTÓN QUITO",** constituyéndose un tema inédito, autentico y original, los trabajos de investigación tomados en consideración se han referenciado debidamente en presente trabajo de investigación.

Sra. Natali Silvana Casigña Guamán **Srta. Jenny Maricela Haro Simbaña**

160066564-8 **172491485-6**

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio de la presente yo M.Sc. Luis Antonio Díaz Suntaxi con cédula de ciudadanía 171253994-7 docente de la Universidad Estatal Amazónica y Tutor del proyecto de investigación ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DEL AGUA EN LA PLANTA POTABILIZADORA DEL SECTOR TOLÓNTAG, PARROQUIA PÍNTAG, CANTÓN QUITO, certifico que el mismo fue desarrollado en su totalidad tanto en su fase de campo como en la redacción final del documento por las estudiantes: Natali Silvana Casigña Guamán con CC. 1600665648 y Jenny Maricela Haro Simbaña con CC. 1724914856, el cual ha culminado en todas sus etapas cumpliendo un total de 400 horas.

_____

M.Sc. Luis Antonio Díaz Suntaxi
DIRECTOR DEL PROYECTO

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación y desarrollo, titulado: **"ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DEL AGUA EN LA PLANTA POTABILIZADORA DEL SECTOR TOLÓNTAG, PARROQUIA PÍNTAG, CANTÓN QUITO",** fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

Para constancia firman:

M.Sc. Coronel Espinoza Billy Daniel.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.

M.Sc. Barreno Ayala Magdalena Graciela.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL.

M.Sc. Carvajal Parra Xavier Edison.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos infinitamente a Dios por habernos bendecido con la sabiduría y fortaleza para afrontar cada etapa de la vida, por guiarnos en el camino para cumplir nuestros objetivos, a nuestras familias por todo el apoyo y amor incondicional brindado en cada paso, a la prestigiosa y gloriosa Universidad Estatal Amazónica, por acogernos en sus instalaciones cuando llegamos con mil sueños y metas planteadas, permitirnos realizar nuestra formación profesional con todos los conocimientos de excelencia impartidos en cada actividad, nuestros agradecimientos de manera particular a todos nuestros maestros por guiarnos con sus conocimientos y compartir experiencias en cada ciclo universitario que fueron formando nuestro carácter, en nuestro paso por la UEA tuvimos el agrado de conocer, compartir, formar y fortalecer lazos de amistad sincera con amigos que después se convirtieron en familia que llevaremos siempre en nuestro corazón y memoria. De igual manera agradecemos de forma especial a nuestro tutor el M.Sc. Luis Díaz por la paciencia, por los conocimientos compartidos y las opiniones constructivas realizadas en el desarrollo del proyecto.

Natali & Jenny

DEDICATORIA

A Dios por ser mi fuente de luz, amor, fortaleza y sabiduría en cada momento especial y difícil que he vivido y por cuidar siempre de mi familia que es lo que más amo.

Dedico con todo mi amor, respeto y admiración a mis padres Marco Haro y Rosa Simbaña por apoyarme y amarme incondicionalmente, por educarme correctamente con valores que forjaron mi carácter, por creer en mis capacidades para cumplir este sueño que empezó hace 5 años.

A mis hermanos y cuñada, Gustavo, Alegría, Joel y Mónica por cada palabra de aliento, apoyo y ejemplo de perseverancia, a mi sobrina Daenerys que llego a mi vida, llenándola de felicidad y amor incidiendo e inspirado en mí el ser una mejor persona.

A mis abuelitos José y Alejandro por ser mis ángeles y seguir cuidándome aún desde el cielo.

A mis amigos que demostraron su cariño y lealtad creyendo siempre en mí, por brindarme su apoyo para cumplir mis objetivos, por ser mis confidentes y ayudarme a superar momentos difíciles en mi vida-

Jenny Maricela Haro Simbaña

DEDICATORIA

De manera especial dedico este trabajo de investigación a Dios por darme la vida, por ser mi fortaleza, por guiar mis pasos en todo momento y por bendecirme con una familia a la que amo con todo mí ser.

Con el amor, respeto y admiración infinita entrego el presente trabajo de investigación a mis padres Patricio Casigña y María Guamán por todo su esfuerzo y apoyo incondicional, por ser siempre mi refugio en momentos difíciles, por el amor infinito que me brindan, por la motivación y sus sabios consejos que me formaron como una persona de bien, por compartir conmigo este sueño de formarme de manera profesional, este es también su logro queridos padres, todo lo que hago es pensando en ustedes mis pilares fundamentales de vida.

A mis hermanos, cuñado y sobrino, Fernando, Lucila, Kevin y Liam, gracias por el amor y apoyo que me brindaron siempre en el transcurso de mi formación profesional, han sido siempre mi ejemplo de superación para alcanzar mis metas.

A mi tío Manuel por sus consejos, su ayuda y motivación para conseguir siempre lo que me propongo, siempre estuvo en el momento indicado brindándome su apoyo y consejos en cada etapa de mi vida.

A mis abuelitos, tíos, primos y amigos en general un gracias infinito por compartir momentos únicos que me ayudaron y motivaron a luchar por conseguir mis sueños y metas.

Edgar, su ayuda fue importante para la culminación con éxito de este proyecto, su motivación, sus consejos, su apoyo y amor es para mí invaluable. Gracias mi amor.

Muchas gracias a todos por ser parte de mi vida.

Natali Silvana Casigña Guamán

RESUMEN

Se realizó el análisis de la eficiencia del tratamiento del agua en la planta potabilizadora del sector Tolóntag, parroquia Píntag, basándose en los límites máximos permisibles establecidos en la Norma INEN 1108 Quinta revisión 2014 y El Acuerdo Ministerial 097-A, 2015 (Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria). Anexo 1 del Libro VI: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico. El tipo de investigación es descriptivo con enfoque mixto de tipo transversal; la investigación analizó en total 9 parámetros y las metodologías aplicadas para el análisis de los parámetros microbiológicos fue el método de siembra profunda a doble capa, mientras que para los parámetros Físico-Químicos se utilizó el método HACH, Espectrofotómetro por absorción atómica y Standard Methods; estadísticamente se analizó mediante Infostat. Se planteó el muestreo en 4 puntos detallados a continuación; unión de las vertientes; ingreso, salida de la PTAP y consumidor. Las muestras se recolectaron en envases Polietileno Tereftalato de 2000 ml para los análisis microbiológicos, físico-químicos. El muestreo tuvo un periodo de 3 meses con un muestro al inicio de cada mes. Se determinó que de los 9 parámetros considerados, se evidencio que el BDO5, Cloro libre residual, Coliformes fecales no cumplen con los límites máximos permisibles, determinando que la eficiencia de la PTAP es de 66,66 %.

Palabras Clave: Análisis, Parámetros, Normativas, Potabilización, Desinfección.

ABSTRACT

The analysis of water treatment efficiency was carried out in the water treatment plant of the Tolóntag sector, Píntag parish, based on the permissible maximum limits set out in INEN 1108 Fifth Revision 2014 and Ministerial Agreement 097-A, 2015 (Reform of the Unified Text of Secondary Legislation). Annex 1 to Book VI: Environmental quality and effluent discharge standard to water resource environmental quality standard and effluent discharge: water resource. Table 1: Water source quality criteria for human and domestic consumption. The type of research is descriptive with a mixed cross-sectional approach; the research analyzed a total of 9 parameters and the methodologies applied for the analysis of microbiological parameters was the method of deep planting at double layer, while for the Physical-Chemical parameters the HACH method, Spectrophotometer was used by atomic absorption and Standard Methods; statistically analyzed using Infostat. Sampling was raised in 4 points detailed below; union of the aspects; income, exit from PTAP and consumer. The samples were collected in 2000 ml Pet plastic containers for microbiological analysis and for physical-chemical analysis. Sampling had a period of 3 months with a sample at the beginning of each month. It is determined that of the 9 parameters considered, it is apparent that The BDO5, Residual Free Chlorine, Fecal Coliforms do not meet the permissible maximum limits, determining that the efficiency of PTAP is 66.66 %.

Keywords: Analysis, Parameters, Regulations, Water Treatment, Disinfection.

SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS

°C: Grados Centígrados

AM: Acuerdo Ministerial

AME: Asociación de Municipalidades Ecuatorianas

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

JAAPyS: Juntas Administrativas de Agua Potable y Saneamiento

LMP: Límite máximo permisible

MAE: Ministerio del Ambiente

Mg/l: Miligramos por litros

msnm: Metros sobre el nivel del mar

NMP: Número más probable

NTE: Norma Técnica Ecuatoriana

NTU: Unidades nefelométricas (Turbidez)

OMS: Organización Mundial de la Salud

ORP Redox: Potencial de Oxidación-reducción del agua

PH: Potencial de Hidrogeno

PTAP: Planta de Tratamiento de Agua Potable

SENAGUA: Secretaría del Agua

SNI: Sistema Nacional de Información

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria

UEA: Universidad Estatal Amazónica

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I 1
1.1 Introducción 1
1.2 Planteamiento del problema. 2
1.3 Formulación del problema 3
1.4 Objetivos 4
1.5.1 Objetivo general 4
1.5.2 Objetivos específicos 4
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN 5
2.1 Antecedentes 5
2.1.1 Agua 5
2.1.2 Características físicas y químicas. Funciones biológicas 6
2.2 Características Físicas 6
2.2.1 Turbidez 6
2.2.2 Color 7
2.2.3 Temperatura 7
2.2.4 Conductividad eléctrica 7
2.3 Características Químicas 8
2.3.1 PH 8
2.3.2 Cloro libre residual 8
2.3.3 Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5) 9
2.3.4 Sólidos 9
2.4 Características Microbiológicas 10
2.5 Principales enfermedades de transmisión hídrica y agentes responsables 10
2.6 Agua potable. 12
2.7 Agua cruda. 12
2.8 Límite máximo permitido 12
2.9 Desinfección 13
2.9.1 Características del cloro utilizado con desinfectante 13
2.10 Sistema de abastecimiento de agua potable. 13
2.11 Tipos de vertientes 14
2.12 Marco Legal 14
CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 17
3.1. Localización 17
3.2 Tipos de investigación 19
3.3 Métodos de investigación 19
3.4 Diseño de la investigación 19
3.5 Cadena de custodia 20

3.5.1 Esterilización de recipientes 20
3.5.2 Etiquetado de las muestras 20
3.5.3 Toma de muestras 21
3.5.4 Transporte de las muestras 22
3.5.5 Análisis de laboratorio 22
3.6 Equipos y Materiales 23
3.6.1 De Campo 23
3.6.2 De Laboratorio 24
CAPÍTULO IV 25
4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 25
4.1.1 Caracterización del Parámetro Microbiológico 25
4.1.2 Caracterización de Parámetros Físico-Químicos 26
4.1.3 Metales pesados 31
4.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigeno DBO5 34
4.2 Análisis de varianza 35
4.2.1 Parámetros que presentaron diferencias significativas 35
4.2.2 Parámetros que presentan relación entre los variables 36
4.3 Comparación de los resultados obtenidos con la legislación. 38
4.4 Discusiones por cada parámetro 39
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 43
5.1 Conclusiones 43
5.2 Recomendaciones 45
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA 46
Anexos 54
1.-Registros del Ministerio de Salud 54
2.-Valores reportados en el primer análisis realizado a la Planta de Potabilización del Sector Tolóntag, en el mes de diciembre del 2018. 55
3. Cadena de custodia 57
4. Captaciones y componentes de la planta 58
5 Toma de muestras y análisis en laboratorio 60

Índice de Tablas

Tabla 1: Enfermedades transmitidas por consumo de aguas contaminadas. 11
Tabla 2: Enfermedades de origen químico transmitidas por el agua. 11
Tabla 3: Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano según La Norma Técnica INEN 1108. 15
Tabla 4: Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano según el Acuerdo Ministerial 097-A. 16
Tabla 5: Coordenadas UTM de la zona de estudio. 17
Tabla 6: Número mínimo de muestras a tomarse de acuerdo a la población servida. 21
Tabla 7: Metodologías para los análisis físicos-químicos. 23
Tabla 8: Análisis de varianza del parámetro de Potencial de Hidrogeno en los puntos de muestreo. 35
Tabla 9: Análisis de varianza de la concentración de Nitritos en los puntos de muestreo. 35
Tabla 10: Análisis de varianza de la Turbidez del agua registrada en los puntos de muestreo. 36
Tabla 11: Análisis de varianza del parámetro de Color registrado en todos los puntos de muestreo. 36
Tabla 12: Análisis de varianza de la concentración de Cobre registrada en los puntos de muestreo. 37
Tabla 13: Comparación de los resultados de las concentraciones de parámetro en los puntos de muestreo establecidos según la Norma Técnica INEN 1108 Quinta revisión 2014. 38
Tabla 14: Comparación de los resultados de las concentraciones de parámetro en los puntos de muestreo establecidos según el AM 097-A, 2015. 38

Índice de gráficas

Gráfica 1: Resultados de la concentración de Coliformes fecales 2019. 26
Gráfica 2: Concentración de cloro libre residual en los puntos de muestreo 2019. 27
Gráfica 3: Resultados del análisis del parámetro de color en los puntos de muestreo 2019. 28
Gráfica 4: Resultados de la concentración de nitritos en los puntos de muestreo 2019. 29
Gráfica 5: Resultados del pH en los puntos de muestreo 2019. 30
Gráfica 6: Resultados de la turbiedad en los puntos de muestreo 2019. 31
Gráfica 7: Concentración de Cobre en los puntos de muestreo 2019. 32
Gráfica 8: Concentración de Cromo Hexavalente en los puntos de muestreo 2019. 33
Gráfica 9: Resultados obtenidos de la concentración de la DBO5 en los puntos de muestreo 2019. 34

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Ubicación del área de estudio. 18

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

El agua es un recurso natural que por sus características y propiedades resultado de su estructura y composición hacen que esta molécula sea de gran importancia para todas las reacciones químicas, funciones biológicas y el desarrollo de la vida misma tomando en cuenta que el ser humano está constituido por el 78% de agua. Por ello se considera que el agua es un verdadero nutriente que juega un papel esencial en la dieta alimenticia de todo ser vivo.

Debido a la importancia que tiene el agua en la historia humana a través del tiempo, las primeras civilizaciones como los Babilonios y lo Egipcios crearon sistemas de infraestructura para el almacenamiento y transporte del agua que les servía no solo como riego sino que también como medio de transporte, lo que notoriamente constituyo uno de los pilares fundamentales para el desarrollo y crecimiento de los pueblos.

Los procesos industriales, el crecimiento de la población mundial, por consecuencia el incremento en la demanda de recursos entre ellos el más importante el agua, así como las actividades de desarrollo económico y la falta de un modelo de gestión responsable son algunos de los factores que afectan a la calidad del agua lo que deriva en un problema en la disponibilidad de este recurso. El agua potable en países alrededor del mundo gestionan de manera jurídica políticas que aseguran la disponibilidad de este derecho a sus habitantes, como lo establece la Constitución de la Republica de Ecuador en el artículo 12 de la sección primera agua y alimentación del capítulo segundo derechos del buen vivir del título II derechos, que menciona "El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida".

Según (SENAGUA, 2006) las Juntas Administrativas de Agua Potable y Saneamiento (JAAPyS) se definen como organizaciones comunitarias sin fines de lucro, con el fin de prestar el servicio público de agua potable y saneamiento. Su gestión se basa con criterios de equidad, solidaridad, interculturalidad, eficiencia económica, sostenibilidad de recurso hídrico, calidad en la prestación de los servicios y en el reparto del agua.

Con el objetivo de garantizar el derecho de la sociedad a gozar del servicio de agua potable de excelente calidad se construyen las plantas potabilizadoras de agua (PTAP), que tiene como objetivo transformar el agua cruda que se encuentra en la naturaleza, en agua potable apta para el consumo humano. La potabilización consiste en procesos de cloración, floculación, sedimentación y filtración obteniendo así agua tratada cuyos parámetros se encuentren dentro de los límites permisibles establecidos por la legislación vigente de cada país, en el caso de Ecuador es la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 Quinta revisión 2014 tabla 1, Tabla 7, la cual establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano. Así como también en el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015 (Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria). Anexo 1 del Libro VI: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico. Para el cumplimento de las normativas anteriormente mencionadas, la presente investigación registro el análisis y monitoreo, fisicoquímico y microbiológico de la PTAP en el Sector Tolóntag ubicada en la parroquia de Píntag perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito. La PTAP fue construida en enero del 2019, con una capacidad de 26.5 l/s y está dividida en seis procesos para su tratamiento, constituidos de la siguiente manera: captación y conducción del agua cruda; almacenamiento con cloración (1); floculación; sedimentación; filtración y sistema de cloración (2) (Ver anexo 4). Con los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación se plantearon un conjunto de acciones correctivas y mejoras en el sistema de potabilización del agua mismas que garanticen el cumplimiento de los límites permisibles establecidos por las normas consideradas y el desarrollo eficiente del sistema de potabilización.

1.2 Planteamiento del problema.

El crecimiento poblacional, la industrialización, la expansión de la frontera agrícola, el desarrollo de actividades económicas, son algunos de los factores que contribuyen de forma directa a la pérdida de la calidad del agua, haciendo cada vez más escasa su accesibilidad en condiciones aptas para el consumo humano, lo que conlleva a que las poblaciones principalmente de la zona periurbana se vea obligada a consumir el líquido vital con valores en los parámetros microbiológicos, físico y químicos que no cumplen con los LMP establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 Quinta revisión 2014-01 y el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015 (Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria). Anexo 1 del Libro VI: Norma de calidad ambiental y de

descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico, derivando en complicaciones de salud y generando preocupación de atención pública, puesto que el agua cruda por sus propiedades y características pueden transmitir agentes patógenos como virus, bacteria, hongos, algas e insectos, entre otros que causan enfermedades. Por tal razón la PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable) del sector Tolóntag fue creada con el fin de abastecer del servicio de agua potable a las comunidades de San Marcos y Tolóntag, con una población de 10 000 habitantes, sin embargo este sistema carece del monitoreo y análisis permanentes que verifique las condiciones y calidad del agua se encuentren dentro de los límites máximos permisibles que exigen las normativas.

1.3 Formulación del problema

¿El agua tratada en la Planta de potabilización del sector Tolóntag cumple con los límites máximos permisibles establecidos en las Normas Nacionales?

1.4 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Analizar la eficiencia del tratamiento del agua en la planta potabilizadora del sector Tolóntag, parroquia Píntag, cantón Quito.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Establecer la metodología para el análisis de los parámetros en base a los criterios establecidos Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 Quinta revisión 2014-01 y el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015 (Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria). Anexo 1 del Libro VI: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.
2. Determinar las concentraciones de los parámetros microbiológicos, físicos y químico como; Cloro Libre residual, Cobre, Color, Cromo hexavalente, DBO5, Nitritos, Potencial Hidrógeno, Turbiedad, Coliformes fecales, en 4 puntos de importancia para la planta de tratamiento de agua para consumo humano mediante el análisis en los laboratorios de Microbiología y Ambiental.
3. Comparar los resultados obtenidos del análisis de los parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos con los límites permisibles establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 Quinta revisión 2014 y el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015 (Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria). Anexo 1 del Libro VI: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.
4. Plantear opciones de mejoras que garanticen un eficiente manejo en el sistema de tratamiento de potabilización del agua cruda.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Antecedentes

2.1.1 Agua

El agua es una sustancia incolora, inodora, e insípida, fundamental para la vida y presente en la mayoría de los componentes que integran la Tierra. Este compuesto, según su fórmula, está constituido por dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno (H2O). Puede hallarse en diferentes estados: líquido, es el agua de lluvia, que se encuentra en los ríos, mares, lagos, etc.; solido, es decir, en forma de hielo; y gaseoso vapor de agua. Definido también como, un compuesto con características únicas, de gran importancia para la vida, el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobierna el medio natural. El hombre tiene necesidad de emplear el agua para la higiene, los usos domésticos, para regar los campos, para la industria, para las centrales de energía así como para realizar funciones vitales como para la preparación y cocción de los alimentos, no hay otra sustancia tan ampliamente involucrada en tan diversas funciones como el agua. Todas las reacciones químicas del organismo tienen lugar en un medio acuoso; es por tanto el agua es vital para vivir (Carbajal, 2013).

El agua debe cumplir con tres parámetros para calificar como apta para el consumo humano: calidad, cantidad y accesibilidad. La calidad es el factor que garantizara que el agua es un elemento seguro para ser consumida y que no afectara a la población, la cantidad es el parámetro que determina el volumen necesario para llegar abastecer y satisfacer por completo las necesidades de las personas, la accesibilidad es el parámetro que define las probabilidades de encontrar y recolectar agua apta para el consumo humano de una forma fácil. Según (Guzmán, Nava, & Bevilacqua, 2015), mencionan que, El agua es una necesidad vital que influye de forma directa en la salud. La calidad del agua de consumo humano se ha asociado con diversas enfermedades. Un gran número de enfermedades infecciosas y parasitarias en el mundo, se debe a la falta de acceso adecuado a fuentes de agua y a condiciones de saneamiento, y la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 2,9 millones de personas mueren cada año por estas causas.

2.1.2 Características físicas y químicas. Funciones biológicas

Según (Fernández, 2012) el agua posee características y propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Se presenta en la naturaleza en fases como; sólida, líquida y gaseosa dentro de los límites de temperatura y presión naturales en la tierra, tiene una gran capacidad calorífica, Puede absorber una cantidad de calor importante sin aumentar demasiado su temperatura. Un gramo de agua absorbe una caloría para elevar su temperatura en 1º C. Debido a esta elevada capacidad calórica, se necesita una gran cantidad de calor para cambiar apreciablemente la temperatura de una masa de agua y, por lo tanto, un cuerpo de agua puede tener un efecto estabilizante sobre la temperatura de las regiones geográficas cercanas. Esta propiedad impide grandes cambios súbitos en la temperatura de los cuerpos de agua, protegiendo a los organismos acuáticos del shock que supondrían abruptas variaciones de temperatura. El contenido del agua de las células es aproximadamente el 80% y esta propiedad del agua protege a las moléculas que están disueltas o contenidas por ella. Tiene la propiedad de expandirse cuando se congela (en realidad, la expansión comienza a los 4º C). Esto permite que el hielo flote. Si eso no sucediera y quedara debajo del agua no podría fundirse tan fácilmente. Esta singular composición y estructura confiere el agua unas características físicas y químicas de gran trascendencia en sus funciones biológicas, sobre todo en las relacionadas con su capacidad solvente, de transporte, estructural y termorreguladora. Recordemos que las funciones de los sistemas biológicos pueden explicarse siempre en términos de procesos físicos y químicos.

2.2 Características Físicas

2.2.1 Turbidez

De acuerdo con (Molinares, 2006) la turbidez es la expresión de la propiedad óptica del agua que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En lagos la turbiedad es debida a dispersiones extremadamente finas y coloidales, en los ríos, es debido a dispersiones normales. La eliminación de la turbiedad, se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, asentamiento y filtración.

2.2.2 Color

El color de las aguas puede deberse a la presencia de materia orgánica, la que al degradarse elimina sustancias químicas de color; así, muchas aguas superficiales, particularmente aquellas que emanan de áreas cenagosas, frecuentemente se encuentran coloreadas hasta llegar a ser inaceptables, tanto para su uso doméstico como para ciertos procesos industriales, si previamente no se realiza tratamiento alguno para remover el color. El material colorante viene del contacto del agua con escombros como hojas y madera en varios estados de descomposición; estos extractos vegetales se denominan sustancias húmicas. El color en el agua también puede deberse a la presencia de hierro, manganeso, el cobre, etc. Otra fuente de color en las aguas naturales puede ser debida a la contaminación por aguas servidas de intenso color procedentes de industrias, y constituir el primer indicio de una situación peligrosa. El color natural de las aguas, puede también deberse a la presencia de las algas, las que poseen pigmentos como clorofila que les permite captar la energía solar y a su vez producir un efecto de color en el agua en la cual se encuentran, (Cordero & Ullauri, 2011).

2.2.3 Temperatura

Entre los parámetros físicos que se toman en cuenta para el análisis del agua está la temperatura, ya que está directamente relacionan con la actividad microbiana a sea que la retarde o acelere, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, en la desinfección y también influye directamente en los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente. Por lo tanto es importante que la temperatura sea determinada en el lugar de muestreo con el objetivo de obtener resultados más exactos ya que no solo permite diferenciar en los procesos de tratamiento al que es sometida el agua. (Aznar, 2000).

2.2.4 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es una propiedad física del agua que expresa su capacidad para transportar la corriente eléctrica, la misma que está condicionada a la concentración de las sustancias disueltas totales ionizadas que contiene el agua. Es decir, cualquier alteración que experimente el agua en cuanto a los iones disueltos se presenta cambios en la conductividad eléctrica. Por lo mencionado determinar la conductividad eléctrica del agua es uno de los parámetros que indica un valor aproximado de la cantidad de solidos

disueltos totales que contiene. Este parámetro es relativamente sencillo de medir, y que existente muchos instrumentos comerciales que hacen posible su utilización, la unidad de medida es el µmho/cm (sistema internacional de medida) (Castro, Zúñiga, & Mora, 2018).

2.3 Características Químicas

2.3.1 PH

Medida de la concentración del ion hidrogeno en el agua, expresado como logaritmo negativo de la concentración molar del ion hidrogeno. (Hernández, 2002). El pH está relacionado con la concentración de protones en el agua. Se define el pH como: Un indicador semi cuantitativo de la acidez o alcalinidad del agua, y es de extrema importancia debido a que la solubilidad del carbonato de calcio y compuestos de hierro son dependientes del pH. Un pH alto proporciona mayor tendencia a la precipitación, cuando es más bajo (se vuelve más ácido) surge en cambio el problema a la corrosión.

2.3.2 Cloro libre residual

El cloro (Cl2) es un producto químico que al disolverse en agua limpia en una cantidad suficiente, destruye a la mayoría de los organismos causantes de enfermedades, sin causar un peligro a las personas. Sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen. Si se añade suficiente cloro quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los organismos; se le llama cloro libre residual. El cloro libre residual permanece en el agua hasta perderse, eliminarse o usarse para contrarrestar una nueva contaminación. El cloro, no se encuentra como tal en el agua, sino disociado en dos especies, el ácido hipocloroso (HClO) y el ión hipoclorito ClO- . De estas dos especies únicamente el ácido hipocloroso tiene capacidad desinfectante El cloro libre residual reacciona fácilmente con el amoniaco y ciertos compuestos de nitrógeno, formando cloro combinado. La reacción del amoniaco con el cloro produce cloroaminas: monocloroamina, dicloroamina y tricloruro de nitrógeno. La presencia y concentraciones de estas formas combinadas dependen principalmente del pH, temperatura, proporción inicial cloro-nitrógeno, demanda absoluta de cloro y tiempo de reacción. Tanto el cloro libre como el combinado pueden estar presentes simultáneamente. El cloro combinado de los suministros de agua se puede formar al tratar las aguas naturales que contienen amoniaco o por adición de amoniaco o sales de amonio (Macas, 2011).

Un sistema de cloración es eficiente cuando el agua al ser sometida a técnicas de medición del cloro presenta valores de cloro residual libre lo que garantiza la efectividad del proceso. Cuando el agua es suministrada mediante tuberías, se utiliza con más frecuencia al cloro como desinfectante. La cloración regular de otros suministros de agua es difícil y se reserva usualmente para la desinfección después de la reparación y el mantenimiento.

2.3.3 Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5)

Según (INEN1202, 2013) En la Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO5) del agua, menciona que la DBO5 es un análisis empírico de tipo biológico que mide el oxígeno molecular que emplean los microrganismos para degradar la materia orgánica en un periodo de incubación de 5 días con una temperatura de 20°C sin estar expuesta a la luz. En el proceso la materia orgánica se estabiliza o se desintegra lo que implica el consumo de oxígeno disuelto en el proceso. Es decir que mediante el análisis de este parámetro se cuantifica el oxígeno utilizado para degradar la materia orgánica tomando en cuenta las condiciones de temperatura, tiempo y agente degradante, esto permite conocer el grado de eficacia del tratamiento.

2.3.3. 1 Características de la Demanda Química De Oxigeno

- Constituye la cantidad de oxigeno utilizado para oxidar químicamente la materia orgánica e inorgánica presente en el agua. Se expresa en mg/L.
- A diferencia de la DBO5 que necesita un periodo de tiempo de cinco días en total aislamiento para la determinación de este parámetro, la DQO emplea solo tres horas para cuantificar la demanda química de oxígeno para la oxidación de la materia presente en el agua.
- La DQO no revela información sobre la rapidez con la que se está degradando la materia en condiciones naturales, además siempre los valores que presente la DQO serán mayores que los valores que presente la DBO5, eso se debe a que en el agua pueden estar presente sustancias que se degraden químicamente mas no biológicamente.

2.3.4 Sólidos

Según (Ecofluidos, 2012). Para determinar el parámetro de sólidos en una muestra es importante el análisis de; sólidos totales, solidos suspendidos y solidos disueltos.

2.4 Características Microbiológicas

El agua es una de las principales fuentes de vida en el planeta. Sin embargo, puede ser uno de los principales transmisores de enfermedades si se llega a consumir en estado contaminado (OMS 1995). La OMS (1994) establece que el agua es apta bacteriológicamente para consumo humano si se encuentra exenta de microorganismos patógenos de origen entérico y parasitario intestinal. Sin embargo, la presencia de coliformes en una muestra de 100 mL no siempre indica que el agua está contaminada con microorganismos patógenos. Los microorganismos indicadores de la calidad de agua, se encuentran en las bacterias del grupo coliformes, que son patógenos de transmisión fecal-oral perteneciendo a este grupo especies como Escherichia coli, entre otras. Estos organismos generalmente se pueden encontrar en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. Los coliformes fecales también denominados termotolerantes, llamados así porque soportan temperaturas de hasta 45 ºC, comprenden un grupo reducido de microorganismos indicadores de calidad, ya que son de origen fecal. Los diferentes organismos responsables del suministro del servicio de agua para consumo humano realizan el monitoreo del agua mediante el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal. El muestro es aconsejable realizar después que el agua ha sido tratada y en el lugar de almacenamiento. Un indicador de contaminación fecal del agua es al identificar la presencia de Escherichia coli de la familia enterobacteriaceae, gran negativo, anaerobio facultativo, son bacilos presentes en la flora intestinal con cepas patógenas que causan situaciones adversas a la salud produciendo cuadros clínicos severos.

2.5 Principales enfermedades de transmisión hídrica y agentes responsables

La (OMS, 2015) estima que el 4 % del total de muertes en el mundo están relacionadas con la calidad del agua, higiene y saneamiento. El agua contaminada puede transmitir enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Se calcula que la contaminación del agua potable provoca más de 502 000 muertes por diarrea al año. Los riesgos microbiológicos se asocian a la ingestión de agua contaminada ya sea con heces humanas o de animales, siendo así fuentes de agentes patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos.

La gran mayoría de los problemas evidentes de salud relacionados con el agua se debe a la contaminación microbiana (bacterias, virus, protozoos u otros organismos). Sin embargo, puede darse un número apreciable de problemas graves de salud como resultado de la contaminación química del agua de consumo humano (ver Tabla 1y 2).

Tabla 1: *Enfermedades transmitidas por consumo de aguas contaminadas.*

Agente	Enfermedad	Efectos sobre la salud
Virus	poliomielitis	Debilidad, fiebre, temblores, dolor de cabeza y músculos, parálisis en las extremidades, cuello rígido
Bacterias	Hepatitis A	Trastornos hepáticos, nauseas, dolores abdominales, falta de apetito, fiebre
	Cólera	Deshidratación, diarrea mortal
	Enteritis	Dolor estomacal, nauseas, vómitos
	Fiebre tifoidea	Fiebre, diarrea mortal, inflamación en el bazo e intestino
Gusanos	Esquistosomiasis	Erupciones cutáneas, dolores abdominales, mala salud crónica general
Protozoos	Giardia	Flatulencias, calambres abdominales, diarrea fatiga crónica
	Desintería amebiana	Fiebre, escalofríos , dolor de cabeza , diarreas mortales

Fuente: (Fonseca & Andi, 2018)

Tabla 2: *Enfermedades de origen químico transmitidas por el agua.*

Contaminante	Origen	Efecto sobre la salud
Turbidez	Erosión, escorrentía descargas	Infiere en los procesos de desinfección
Cromo hexavalente	Depósitos minerales naturales, tratamiento de metales, industrias textiles, curtido y cuero	Efectos sobre el hígado, riñón y sobre sistema digestivo, sensibilización de la piel, tóxico en forma hexavalente
Cobre	Corrosión de tuberías	Dolores de estómago e intestino
Nitritos	Fertilizantes, aguas residuales, trabajo de metales	Metahemoglobinemia "síndrome de los niños azules"
Bario	Depósitos minerales naturales, perforaciones de gases y aceites, industrias de pinturas y otras	Afecta al sistema circulatorio. Incremente la presión sanguínea, bloquea el sistema nervioso
Cadmio	Depósitos minerales naturales, tratamiento de metales, productos corrosivos en fontanería	Afecta al riñón, hígado páncreas y tiroides, hipertensión arterial

Fuente: (Hernandez, 2008)

2.6 Agua potable.

La norma técnica INEN 1108, 2014 Tabla 1. Trata sobre los requisitos para el agua potable menciona que, Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano. Se puede consumir sin restricción alguna, ya que cumple con las normas de calidad suscritas en la legislación del país.

El agua potable, definida como "adecuada para el consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal", es libre de microorganismos causantes de enfermedades. Las posibles consecuencias de la contaminación microbiana para la salud son tales que su control debe ser objetivo primordial y nunca debe comprometerse (Ríos, Agudelo, & Gutiérrez, 2017).

Según la OMS, agua potable es consumida con fines de satisfacer las necesidades básicas de una población entre los que tenemos los usos domésticos, la higiene personal, beber y cocinar. Se considera al agua potable salubre cuando sus características microbiológicas, físicas y químicas están dentro del rango que establece la legislación con respecto a cada parámetro de calidad de agua.

2.7 Agua cruda.

Según la Norma Técnica (INEN1108, 2014) Que trata sobre los requisitos que debe cumplir el agua para ser considerada Agua Potable, define como agua cruda a aquella que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas, es decir el agua no se ha sometido a procesos antrópicos para mejorar sus condiciones y disponibilidad.

2.8 Límite máximo permitido.

La legislación de cada país determina los valores máximos permisibles de cada parámetro microbiológico, físico y químico para considerar un agua apta para consumo humano, que no represente efectos adversos o peligros para la salud de los beneficiarios y asegure un abastecimiento eficiente del sistema de dotación del servicio de agua potable (Mora & Mata, 2003).

Norma Técnica INEN 1108, 2014, establece como límite máximo permitido a la representación de un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados

se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números.

2.9 Desinfección.

El proceso de desinfección al que es sometida el agua para ser apta para consumo humano es un tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública. Es necesario conocer las condiciones y características físicas que presenta el agua post desinfección, esto con el fin de considerar el grado de turbiedad que tiene el agua y someterle a filtración de ser necesario para que el proceso de desinfección sea eficiente. El producto químico que más se utiliza para la desinfección del agua es el cloro en su forma sólida, liquida o gas, con un procesos adecuado este producto actúa de manera eficaz. Puesto que el cloro es considerado una sustancia química de uso múltiple en el mundo y muy útil para liberar el agua de agentes patógenos a costos relativamente económicos, una de las ventajas que tiene el cloro es que genera una fracción residual que al ser cuantificada garantiza la eficacia del proceso de cloración.

2.9.1 Características del cloro utilizado con desinfectante.

Destruye los organismos patógenos del agua en condiciones ambientales y en un tiempo corto, Es de fácil aplicación, determinación y manejo sencillo, además supone un bajo costo. En las dosis utilizadas en la desinfección de las aguas, no constituye riesgo para el hombre ni para los animales y Deja un efecto residual que protege el agua de una posterior contaminación en la red de distribución (Idrovo, 2010).

2.10 Sistema de abastecimiento de agua potable.

Se considera un sistema de abastecimiento de agua apta para consumo humano, al conjunto de obras de infraestructura de captación, conducción, procesos de tratamiento, almacenaje y red de distribución del agua desde la fuente de origen natural o agua cruda, superficial o subterránea hasta el beneficiario o consumidor. Por ello invertir en un buen diseño garantiza la satisfacción no solo de la red de distribución sino que también la calidad de agua, que dicho líquido vital cuente con los valores de los parámetros tanto físicos, químicos y microbiológicos dentro de los límites permisibles establecidos por la legislación de Ecuador (Cárdenas & Patiño, 2010).

2.11 Tipos de vertientes

En la naturaleza el agua se encuentra en diferentes tipos de fuentes (EPAS, S,f);

- **Subterráneas** como manantiales, pozos, nacientes.
- **Superficiales** como canales, ríos, lagos.
- **Pluviales**: agua de lluvia.

Cabe recalcar que para la presente investigación la fuente de abastecimiento de agua para ser sometida a los procesos de potabilización es proveniente de una fuente subterránea de pozo. Se considera que este tipo de fuente son por lo general libres o con un mínimo porcentaje de contaminación por microorganismos patógenos y que la calidad del agua están próximos a cumplir con los límites permisibles para consumo humano establecidos en la legislación del país. Sin embargo realizar el monitoreo y análisis continuo de los parámetros es indispensable para garantizar un agua de excelente calidad para la población beneficiaria.

2.12 Marco Legal

El presente trabajo de investigación se enmarca en el ámbito legal vigente establecido por Ecuador, en la Constitución de la República del Ecuador en su artículo 314, mencionando que el Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley. En el Código Orgánico del Ambiente artículo 191, del monitoreo de la calidad del agua, aire y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el GAD competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del agua, aire y suelo. En el Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización Art. 137, los GAD Municipal podrán delegar las competencias de gestión de agua potable y alcantarillado a los gobiernos parroquiales rurales. Todas las instancias responsables de la prestación de los servicios deberán establecer mecanismos de control de calidad y los procedimientos de defensa de los consumidores y consumidoras; y las sanciones por vulneración de estos derechos, la reparación e indemnización por deficiencias, daños o mala calidad de bienes y servicios, y por la interrupción de los servicios públicos que no fuera ocasionada por caso fortuito o fuerza mayor. En la Ley recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua artículo 43, las Juntas Administradoras de Agua Potable son organizaciones comunitarias, sin fines de lucro, que tienen la finalidad de prestar el

servicio público de agua potable. Su accionar se fundamenta en criterios de eficiencia económica, sostenibilidad del recurso hídrico, calidad en la prestación de los servicios y equidad en el reparto del agua.

Para la presente investigación los límites máximos permisibles para el agua de consumo humano lo regula la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 Quinta revisión 2014 y El Acuerdo Ministerial 097-A, 2015 (Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria). Anexo 1 del Libro VI: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico (ver Tabla 3 y 4).

Según (OMS, 2018) en Ecuador del 2010 al 2014 se incrementó la cobertura de servicios de agua y saneamiento, pasando de 80,4% a 86,4% y de 64,5% a 73,1% respectivamente, con lo que la brecha de acceso entre el sector urbano y rural se redujo al 15,9% en acceso al agua y al 13,3% en saneamiento. En cuanto se refiere a la continuidad y calidad del agua, según la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) y la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME), al 2015, las cifras de continuidad promedio del servicio es de 20 horas diarias; 30% de los prestadores públicos no realizan desinfección.

Tabla 3: *Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano según La Norma Técnica INEN 1108.*

#	PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	Límite Máximo PERMISIBLE INEN 1108 Quinta Revisión 2014
1	Cloro libre residual	Cl2	mg/l	0,3 a 1,5 [1)]
2	Cobre	Cu	mg/l	2,0
3	Color	color real	Pt-Co	15
4	Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	no registra
5	DBO5	DBO5	mg/l	no registra
6	Nitritos	N-Nitrito	mg/l	3,0
7	Potencial Hidrógeno	pH		no registra
8	Turbiedad		UTN	5
9	Coliformes fecales	Nmp/100	Nmp	<1

Fuente: (INEN 1108, 2014)

Tabla 4: *Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano según el Acuerdo Ministerial 097-A.*

#	**PARÁMETROS**	**EXPRESADO COMO**	**UNIDAD**	**LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE** AM 097-A, 2015
1	Cloro libre residual	Cl2	mg/l	no registra
2	Cobre	Cu	mg/l	2
3	Color	color real	Pt-Co	75
4	Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,05
5	DBO5	DBO5	mg/l	< 2
6	Nitritos	N-Nitrito	mg/l	0,2
7	Potencial Hidrógeno	pH		6--9
8	Turbiedad		UTN	100,0
9	Coliformes fecales	Nmp/100	Nmp	1000

Fuente: (AM 097-A, 2015)

CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La investigación se realizó en el Distrito Metropolitano de Quito de la provincia de Pichincha, en la planta de tratamiento de agua potable del sector Tolóntag, perteneciente a la parroquia Píntag. La misma que se encuentra a 3.47 km de la Troncal de la Sierra E35 de la vía Píntag-Pifo. Según (SNI, 2015), el rango altitudinal es de 2400 a 4500 msnm, el clima predominante es templado húmedo, pero debido a varios factores que influyen en el tipo de clima, la temperatura anual promedio es de 12°C fluctuando entre 8°C y 16°C, con una precipitación que fluctúa entre 5100-2000 mm/año, repartidas en dos períodos lluviosos, en los meses de marzo y noviembre; la estación seca se manifiesta en los meses de julio a agosto, el suelo de la parroquia está compuesto por: Entisoles, Histosoles, Inceptisoles y Mollisoles característicos de la zona andina además de afloramientos rocosos en la zona correspondiente al flujo lávico Antisanilla y nieve en el volcán Sincholagua. Según (MAE, 2012) en el Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental el tipo de ecosistema es el pertenece al Herbazal y arbustal montano alto y montano alto superior de páramo (ver Ilustración 1).

La zona de influencia de la investigación es dedicada a la agricultura mediante el cultivo de maíz, papas, zapallos, aguacates, y a la ganadería ya que el mayor porcentaje de tierras están cubiertas por pastos que sirve de alimentos para los animales. En cuanto a las vertientes que constituyen el caudal en la PTAP proviene de pozos subterráneos que nacen del páramo recorriendo una distancia aproximada de 18 km hasta el ingreso a la planta de potabilización.

Tabla 5: *Coordenadas UTM de la zona de estudio.*

Puntos seleccionados para el muestreo ZONA 17			
PUNTOS		**X**	**Y**
1	Unión de vertientes	799853	9961484
2	Ingreso planta	796624	9962157
3	Salida Planta	796624	9962157
4	Consumidor	794999	9963646

Fuente: Elaborado por los autores

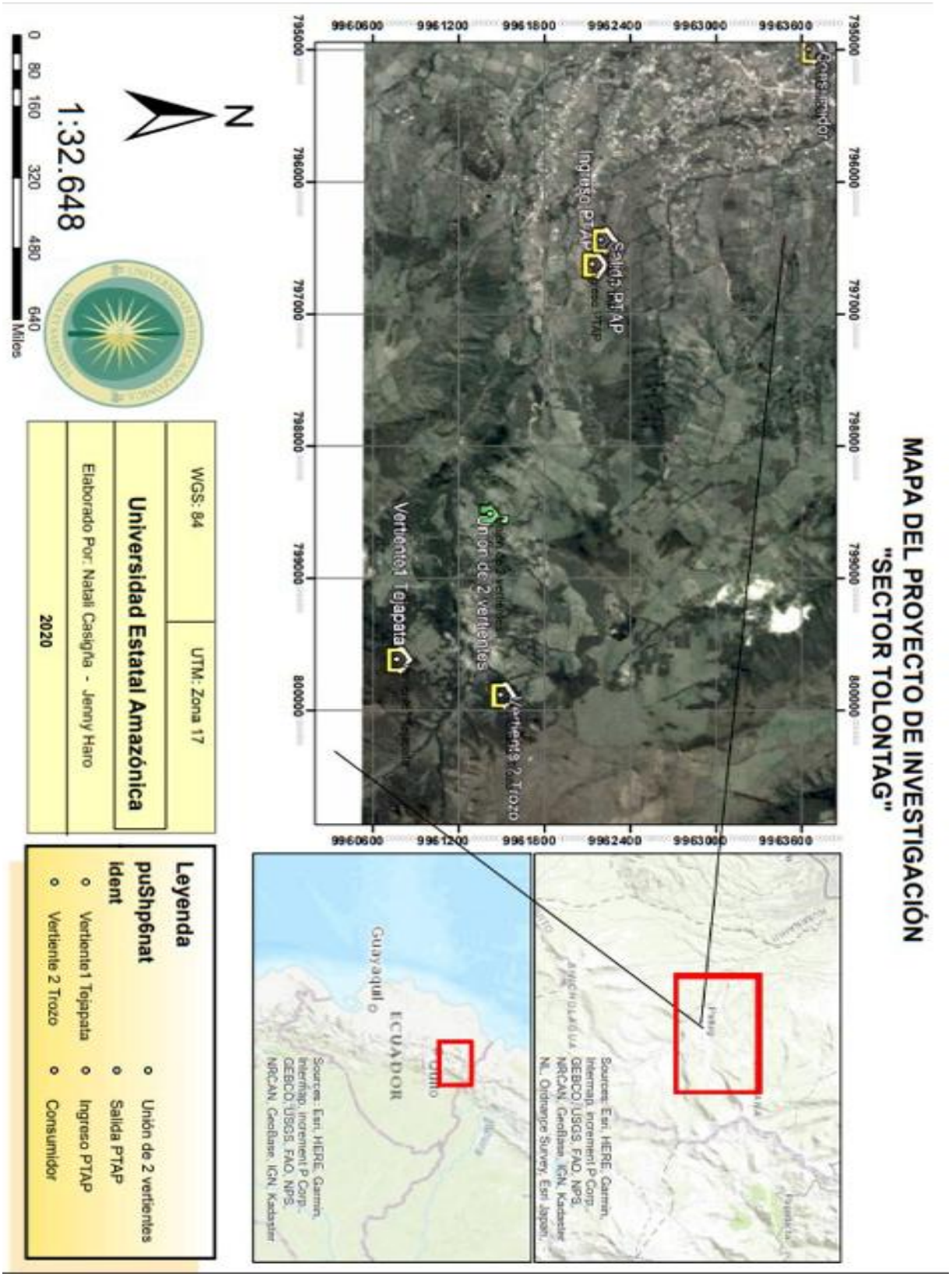


Ilustración 1*: Ubicación del área de estudio.*

Fuente: Autores

3.2 Tipos de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo, porque se enfoca de caracterizar el agua cruda y tratada en la planta potabilizadora, objeto de estudio, a través del programa Microsoft Excel e InfoStat que analizó los parámetros físico-químicos y microbiológicos mediante la tabulación de valores obtenidos de cada parámetros en tablas y gráficos prácticos para la comparación con los límites máximos permisibles que establece la NTE INEN 1108 Quinta revisión 2014-01 y el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015 (Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria). Anexo 1 del Libro VI: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.

La investigación es de tipo transversal, puesto que la misma no trascenderá en el tiempo, es decir tuvo un periodo de duración de seis (6) meses de manera consecutiva, desde la planificación del muestro, la toma de muestras de cada punto seleccionado, el análisis en el laboratorio de los parámetros establecidos y la interpretación de resultados para plantear opciones de mejora.

3.3 Métodos de investigación

La presente investigación tuvo un enfoque mixto; cualitativo ya que describió las características que presentan los parámetros tanto físico, químicos y microbiológicos del objeto de estudio. Cuantitativa porque esta metodología permitió analizar los datos numéricos obtenidos al procesar las muestras en el laboratorio, de manera más exacta ya que se emplea las estadísticas que permite definir, limitar y analizar de manera precisa sin inferencias.

3.4 Diseño de la investigación

El proyecto se realizó en 4 fases que se describen a continuación; la primera fase se constituyó en la revisión bibliográfica del tema de estudio, así como los métodos de monitoreo, muestreo y análisis para cada uno de los parámetros establecidos en la investigación. La segunda fase contempló los meses de septiembre, octubre, noviembre del 2019 en la que se realizó la toma de muestras en campo (Ver anexo 5) y su cadena de custodia (Ver anexo 3) en el origen de las fuentes de agua que son las dos vertientes, así como al ingreso de la PTAP (afluente), a la salida de la PTAP (efluente) y en el consumidor. En la tercera fase se analizó las muestras en los laboratorios de

Microbiología y Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica respectivamente para cada parámetro establecido, cabe recalcar que los laboratorios de la UEA cuentan con las metodologías, equipos y reactivos aprobados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (USEPA por sus siglas en inglés) aptos para realizar análisis de agua para consumo humano.

3.5 Cadena de custodia

La cadena de custodia desarrollada en la presente investigación mantuvo los protocolos de seguridad desde la fase de campo hasta la fase de laboratorio que consistió en: Esterilización de los materiales, etiquetado, toma de las muestras, transporte y análisis de las muestras de agua ver Anexo 3.

3.5.1 Esterilización de recipientes

Para realizar el muestreo primero se procedió a la esterilización y se llevó a cabo mediante la desinfección a vapor que consistió en depositar las botellas en un recipiente con agua hasta conseguir el punto de ebullición, posteriormente se dejó actuar 5 minutos para que los envases reciban el calor y para finalizar los envases se secaron y se almacenó en el Cooler.

3.5.2 Etiquetado de las muestras

Las muestras fueron codificadas de la siguiente manera:

- De acuerdo al punto de muestreo: Unión de vertientes (UV), ingreso a la PTAP (IP), salida de la PTAP (SP), consumidor (C).
- Según el número de muestreo: mes de septiembre (M1 23/09/2019), mes de octubre (M2 21/10/2019), mes de noviembre (M3 25/11/2019).
- El registro de la hora en la que fue tomada la muestra: hora de muestreo.
- Responsable del muestreo,
- Puntos de georreferenciación
- Tipo de muestreo

Ver anexo 3, formato de la cadena de custodia.

3.5.3 Toma de muestras

Para la toma de muestra se evitó toda posible contaminación, para ello se utilizó guantes y mascarillas como medio de protección. Posteriormente con los envases Pet etiquetados correctamente, se procedió en el punto de muestreo a enjuagar el envase 3 veces con el agua a muestrear y finalmente se llenó todo el envase manteniendo la tapa siempre cerca de la boca del recipiente. Ver anexo 5.

3.5.3.1 Muestreo de la planta potabilizadora del sector Tolóntag

Se planteó el muestreo en los meses de septiembre, octubre, noviembre del 2019 en 4 puntos previamente seleccionados para los análisis físicos químicos y microbiológicos detallados a continuación; se tomó una muestra en la unión de las vertientes (tanque de captación); una muestra al ingreso (afluente), una muestra a la salida (efluente) de la planta de tratamiento; y una muestra perteneciente al consumidor del líquido vital.

Según el INEN 1108 Quinta Revisión 2014, el número de muestras representativas se determina basándose en la tabla establecida en el Apéndice Y

Tabla 6: *Número mínimo de muestras a tomarse de acuerdo a la población servida.*

Población	**Número total de muestras por año**
<5000	12
5000 - 100 000	12 por cada 5 000 personas
>100 000 - 500 000	120 más 12 por cada 10 000 personas
> 500 000	600 más 12 por cada 100 000 personas

Fuente: (INEN1108, 2014)

La investigación tuvo un periodo de 3 meses de muestreo con una población de 10 000 habitantes, determinando así que son 24 muestras por año (12 meses).

24 muestras —— 12 meses

X —— 3 meses

$$X = \frac{24x\ 3}{12} = 6\ Muestras$$

El resultado es 6 muestras en un periodo de 3 meses para una población de 10 000 habitantes, en la investigación se optó por tomar 12 muestras, para disminuir el margen de error y validar los resultados.

Según la norma técnica (INEN2169, 2013) Primera Revisión Agua. Calidad de Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras establece que los tipos de recipiente de plástico son envases adecuados para la toma de muestras y posterior análisis de

parámetros físico-químicos y microbiológicos, excepto para la determinación de parámetros especiales como pesticidas organoclorados.

Las muestras se recolectaron en envases de Tereftalato de polietileno (Pet) de 2000 ml para los análisis microbiológicos y físicos-químicos. Las muestras recolectadas tanto para los análisis microbiológicos y físicos-químicos se procesaron los días domingos en el horario de 13:00 pm a 17:00pm, en un periodo de 3 meses con un muestro al inicio de cada mes, cuya duración fue de 19 horas desde el momento de recolección y traslado hacia los laboratorios de la UEA, ya que algunos de los parámetros a analizar exigen que el tiempo de almacenamiento de las muestras no deben sobrepasar las 48 horas desde su recolección y mantenerse a una temperatura de 4°C. La presente investigación fue desarrollada mediante la técnica analítica de muestreo simple puesto a que las muestras se tomaron en un punto determinado con una repetición por cada mes.

3.5.4 Transporte de las muestras

Las muestras fueron recolectadas y transportadas en coolers evitando así que ocurra contaminación o modificaciones de las características del agua por agitación, además se preservó las muestras a 4 °C de temperatura con ayuda de bolsas de hielo, para los respectivos análisis en los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica.

3.5.5 Análisis de laboratorio

3.5.1 Análisis de los parámetros microbiológicos

Determinación de Coliformes fecales por el método de siembra profunda.

Sembrar o inocular es introducir artificialmente una porción de muestra (inóculo) en un medio adecuado, con el fin de iniciar un cultivo microbiano, para su desarrollo y multiplicación. Una vez sembrado, el medio de cultivo se incuba a una temperatura adecuada para el crecimiento. (Santambrosio, Ortega, & Garibaldi, 2009).

3.5.2 Análisis de los parámetros físico-químicos

Métodos para análisis de los parámetros físico-químicos.

A continuación se detalla los parámetros físico-químicos que se analizaron con su respectiva metodología (ver Tabla 8).

***Tabla 7**: Metodologías para los análisis físicos-químicos.*

Parámetros	Metodología de análisis	Sistema internacional de Unidades
Cloro Libre residual	Método HACH 8021	mg/l
Cobre	Método HACH 8506	mg/l
Color	Método HACH 8025	(Pt-Co)
Cromo hexavalente	Espectrofotómetro por absorción atómica 8023 hach	mg/l
DBO5	Standard Methods 5210 BOD biochemical oxigent demant-D respirometric method	mg/l
Nitritos	Método HACH 8507	mg/l N-NO3-
Potencial Hidrógeno pH	Standard Methods 4500 H+B	pH
Turbiedad	Standard Methods 2130 b méthod nephelométric	NTU

Fuente: Elaborada por los autores

3.6 Equipos y Materiales

3.6.1 De Campo

Diagnóstico de los tanques

- Bolígrafo
- Cámara fotográfica
- Cinta métrica para medir las dimensiones de los tanques de almacenamiento.
- Gps
- Libreta de apuntes

Toma de muestras

- Cooler
- Frascos PET (Polietileno Tereftalato) 2000 ml etiquetados.
- Guantes
- Reloj

3.6.2 De Laboratorio

Materiales e Instrumentos

- Alcohol industrial
- Caja Petri
- Matraz
- Papel aluminio
- Pipetas
- Toallas absorbentes
- Tubos de ensayo
- Vasos de precipitación

Equipos

- Autoclave Vertical
- Agitador y calentador magnético
- Balanza analítica
- Equipos medidiores de Ph Meter-110
- Equipos medidor de conductividad eléctrica Thermo scientific.
- Estufa de esterilización
- Incubadora

Reactivos

- Agar para coliformes para microbiología
- Agua de peptona tamponada
- Agua destilada
- Ácido nítrico
- Hidróxido de sodio 1.0N
- Reactivo para cloro libre 10ml (DPD N,N-Dietil-P-Fenilenodiamina 0,02-2 ppm cl2)
- Reactivo para cloro total 10ml sal de carboxilato (DPD N,N-Dietil-P-Fenilenodiamina sal 0,02-2 ppm cl2)
- Reactivo para cobre copper reagent 8506 (0,004-5 mg/l Cu)
- Reactivo para cromo (chromiun diphenylcarbz 8023)(0,01-0,7 mg/l Cr)
- Reactivo para nitrito LR Nitrite 8507 (0,002-0,3 PPM NO2)

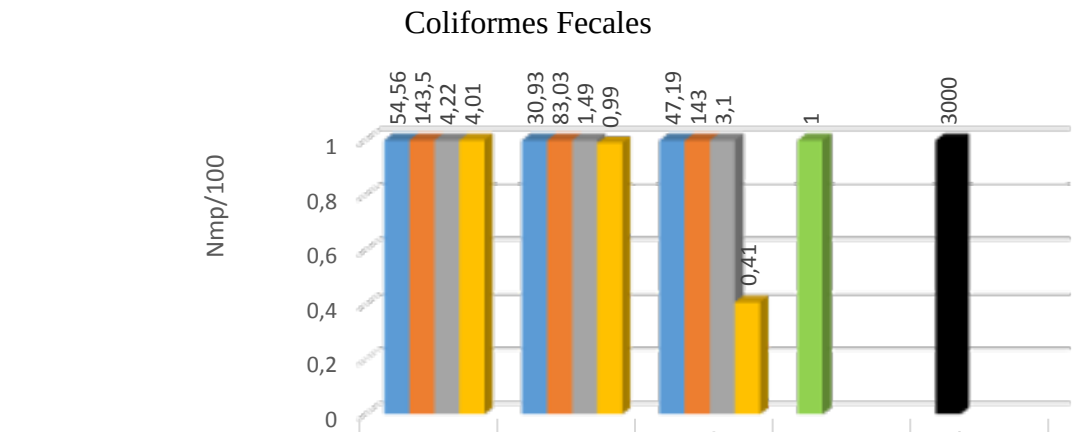
CAPÍTULO IV

4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1 Caracterización del Parámetro Microbiológico

En coliformes fecales los resultados obtenidos después de la toma de muestra, el procesamiento y análisis en el punto de muestreo codificado como unión de vertientes, se evidencia que en las tres fechas de muestreo existen solo coliformes fecales registrados en la unidad de número más probable Nmp/100, puesto que es la unidad que contempla el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015. En el primer muestreo "M1" se obtiene 54,56 Nmp/100 de coliformes fecales, en el segundo muestreo "M2" fue de 30.93 Nmp/100 y la tercera muestra "M3" fue de 47,19 Nmp/100, dando un promedio de 44,33 Nmp/100 de coliformes fecales contabilizadas en este punto de muestreo, en el ingreso a la planta de tratamiento del sector Tolontag los valores fueron de la siguiente manera; "M1" de 143,5 Nmp/100, en el muestreo "M2" fue de 83,03 Nmp/100 y en el muestreo "M3" fue de 143 Nmp/100, con un promedio de 123,2 Nmp/100. En la salida de la planta de tratamiento los resultados fueron los siguientes; "M1" de 4,22 Nmp/100, para "M2" un valor de 1,49 Nmp/100 y para el muestreo "M3" un resultado de 3,1 Nmp/100 dando un promedio de 2,9 Nmp/100. Para el punto de muestreo del consumidor los valores fueron para "M1" de 4,01 Nmp/100, para el segundo punto de muestreo "M2" un valor de 0,99 Nmp/100 y para el tercer muestreo un valor de 0,41 Nmp/100 cuyo promedio es de 1,8 Nmp/100. Cabe mencionar que no se presentaron valores de bacterias ni levaduras.

Al comprar los resultados obtenidos en todos los puntos de muestreo con el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, se evidencio los valores registrados superaron los límites permisibles estipulados.



	M1 Fecha: 23/09/2019	M2 Fecha: 21/10/2019	M3 Fecha: 25/11/2019	INEN 1108	AM 097-A, 2015
Unión de vertientes	54,56	30,93	47,19	1	3000
Ingreso a la planta de tratamiento	143,5	83,03	143		
Salida de la planta de tratamiento	4,22	1,49	3,1		
Consumidor	4,01	0,99	0,41		

Gráfica 1: *Resultados de la concentración de Coliformes fecales 2019.*

Fuente: Los autores

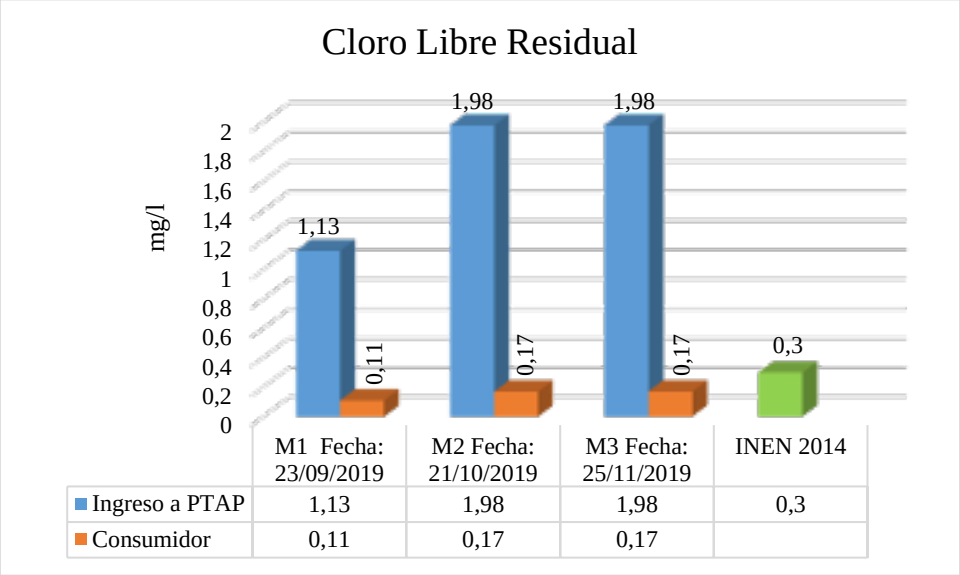
4.1.2 Caracterización de Parámetros Físico-Químicos

4.1.2.1 Cloro libre residual al ingreso y consumidor

El muestreo se realizó una vez por mes durante tres meses en las fechas establecidas, en la muestra denominada "M1"se registró un valor de cloro libre al ingreso de la planta de 1,13 mg/l, mientras que en las muestras "M2" y "M3" se registran valores constantes de 1,98 mg/l, dando un promedio de 1,7mg/l de cloro libre residual al ingreso de la planta de tratamiento de aguas para consumo humano, resultado que al ser relacionado con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 Quinta revisión 2014 tabla 1,Tabla 7, este valor se encuentra sobre el límite permisible establecido, el cual está en un rango de 0,3 a 1,5 mg/l, se puede atribuir que el incremento en la cantidad de cloro libre residual que se presentó está relacionado principalmente a la disminución de la cantidad de carga microbiana con la que ingresa el agua cruda a la planta de tratamiento específicamente en los días asignados para el muestreo, u otra de las variables que se considera es que la planta de tratamiento de agua para consumo humano del sector Tolontag no posee un registro de la cantidad exacta de cloro que debe ser empleado a diario en el tanque de clarificación primario.

En lo concerniente al punto de muestreo denominado "consumidor" los valores obtenidos de cloro libre fueron en el "M1" 0,11 mg/l, mientras que las "M2" y "M3" los valores se

mantiene constantes de 0,17 mg/l, dando un promedio de 0,15 mg/l, por lo tanto al comparar este resultado con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 Quinta revisión 2014 tabla 1,Tabla 7, este valor se encuentra por debajo del límite permisible establecido, el cual contempla un rango de 0,3 a 1,5 mg/l, es decir que lo normal es que la muestra que se tomó en el grifo del consumidor debe tener un valor minino de 0,3 mg/l de cloro libre residual presente en el agua tratada para que esté cumpliendo con la normativa referenciada, sin embargo el valor promedio de los tres muestreos realizados es de 0,15 mg/l, se puede atribuir que existe aún carga microbiana presente en la tubería que debe ser exterminada por la acción desinfectante del cloro por ello el valor de cloro disminuye al llegar al consumidor.

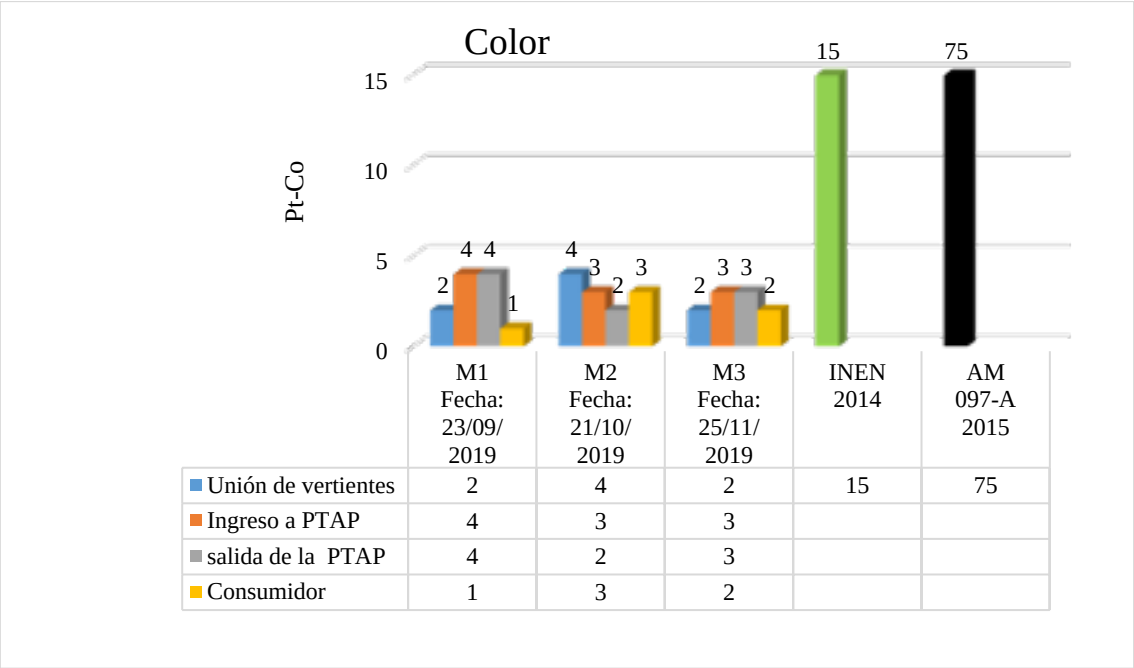


Gráfica 2: *Concentración de cloro libre residual en los puntos de muestreo 2019.*

Fuente: Los autores

4.1.2.2 Color

Los valores registrados mediante el análisis del parámetro físico químico de color en los cuatro puntos de muestreo; unión de vertientes, ingreso y salida de la planta y el consumidor final, están por debajo de los límites máximos permisibles cumpliendo con las normativas vigentes utilizadas en la investigación. Durante los tres muestreos se registró un valor promedio de 2 Pt-Co en el punto consumidor siendo este el de menor valor y en el punto de ingreso a la PTAP con 3.333 Pt-Co siendo el de mayor valor en comparación con los demás puntos de estudio.

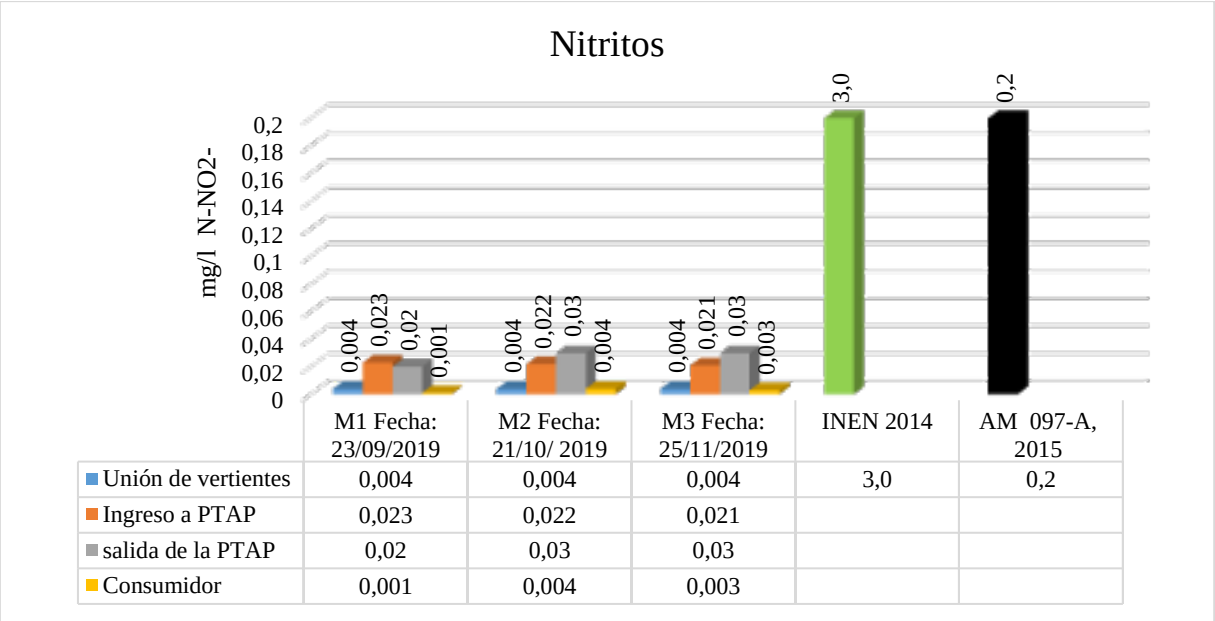


Gráfica 3: *Resultados del análisis del parámetro de color en los puntos de muestreo 2019.*

Fuente: Los autores

4.1.2.3 Nitritos mg/l N-NO2-

Este parámetro reportó valores menores a los establecidos como límites máximos permisibles, cumpliendo así con las normativas utilizadas en la presente investigación. Los resultados en los tres muestreos en relación al punto del consumidor registraron una menor concentración en comparación a los demás puntos de estudio, pues se obtuvo un promedio de 0.003 mg/l. Este comportamiento positivo se debe a que el área del origen de las vertientes del agua, se encuentran cercadas con difícil acceso y la frontera agrícola aún se mantiene kilómetros abajo disminuyendo así, el enriquecimiento de nitratos y nitritos en el agua por fuentes naturales y artificiales.



	M1 Fecha: 23/09/2019	M2 Fecha: 21/10/ 2019	M3 Fecha: 25/11/2019	INEN 2014	AM 097-A, 2015
Unión de vertientes	0,004	0,004	0,004	3,0	0,2
Ingreso a PTAP	0,023	0,022	0,021		
salida de la PTAP	0,02	0,03	0,03		
Consumidor	0,001	0,004	0,003		

Gráfica 4: *Resultados de la concentración de nitritos en los puntos de muestreo 2019.*

Fuente: Los autores

4.1.2.4 Potencial Hidrógeno

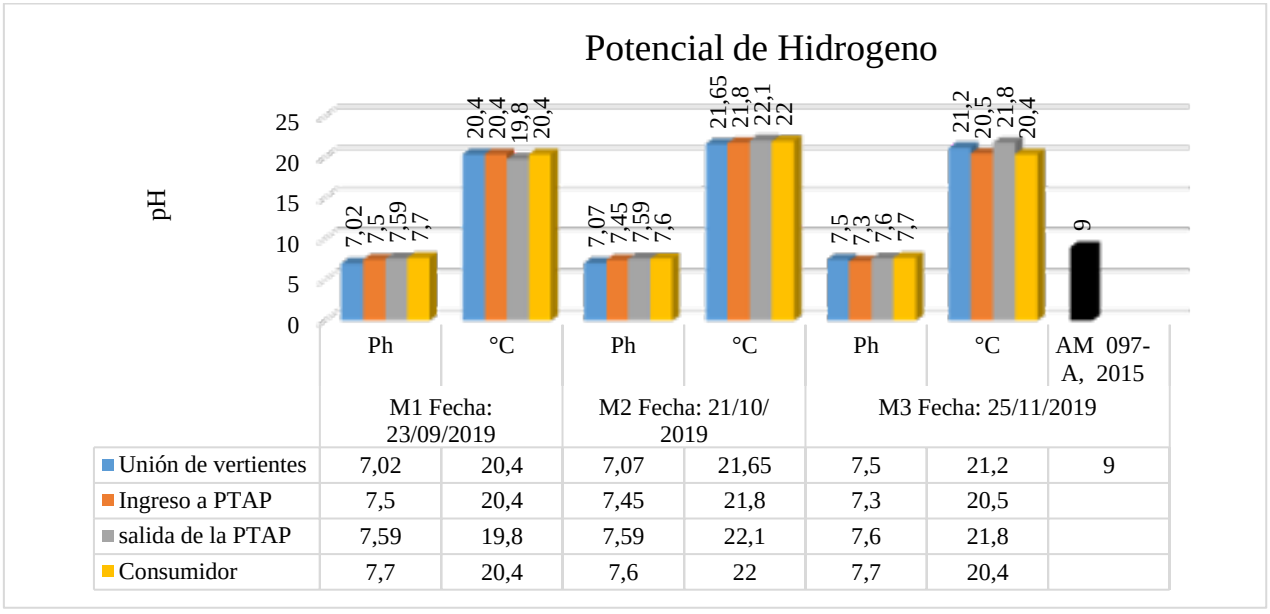
Los valores obtenidos en el parámetro químico Potencial de hidrogeno (pH) fueron; en el punto de muestreo "Unión de vertientes", en el primer muestreo "M1" se obtuvo un pH de 7,02 a una temperatura de 20,4 °C, en el muestreo "M2" el valor de pH es de 7,07 a la temperatura de 21,65°C y la muestra "M3" fue de 7,5 con una temperatura de 21,2°C, al determinar el promedio del pH en este punto de muestreo es de 7,2 a la temperatura de 21,08.

En el punto de muestreo "Ingreso a la planta de tratamiento" en la muestra "M1" el valor de pH es de 7,5 a 20,4°C, en el muestreo "M2" fue de 7,45 a temperatura de 21,8°C y en la muestra "M3" fue de 7,3 a 20,5°C, lo que en promedio de potencial de hidrogeno al ingreso de la planta es de 7,42 a una temperatura promedio de 20,9 °C.

Al analizar los valores del parámetro pH en el punto de muestreo "Salida de la planta de tratamiento" se registraron los siguientes valores; en el primer muestreo "M1" fue de 7,59 a 19,8°C, en la muestra "M2" un pH de 7,59 a 22,1 °C y en la muestra "M3" un valor de 7,6 a 21,8 °C, con un promedio del valor pH a la salida de la planta de 7,59 con una temperatura de 21,9°C.

El potencial de hidrogeno en el punto de muestreo codificado como Consumidor se constataron los siguientes valores; en el primer muestreo “M1” el pH fue de 7,7 a 20,4°C, en “M2” el valor fue de 7,6 a 22°C de temperatura y en la “M3” el pH registro un valor de 7,7 a 20,4°C, con un promedio de pH de 7,7 a 21,6 °C.

Cabe recalcar que el parámetro químico potencial de hidrogeno tiene baja probabilidad de incidencia de forma directa en la salud de los beneficiarios, sin embargo es necesario tener un control sobre este parámetro, ya que el valor de pH se presenta en una escala de 0 acidas a 14 básicas, constituyendo el 7 valor recomendable para el agua. Si el agua para consumo humano presenta un valor de pH bajo suele comprometer las redes de distribución ya que se presentan incrustaciones y corrosión. La legislación ecuatoriana en el anexo 1 del Libro VI Del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico establece un límite máximo permisible de potencial de hidrogeno que debe tener el agua para consumo humano en un rango de 6 a 9, al considerar este lineamiento normativo y los resultados promedios de pH que se presentaron en esta investigación es de 7,48, es decir está dentro del rango permitido por la normativa del país.



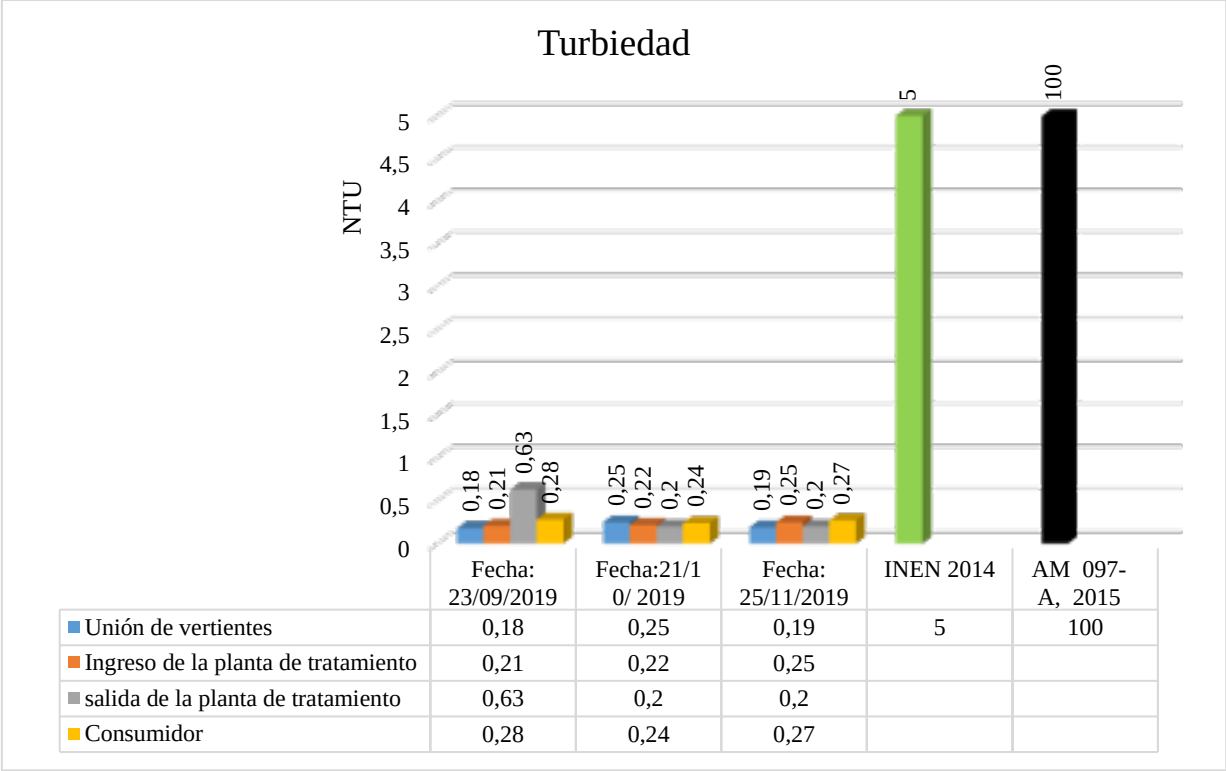
Unión de vertientes	7,02	20,4	7,07	21,65	7,5	21,2	9
Ingreso a PTAP	7,5	20,4	7,45	21,8	7,3	20,5	
salida de la PTAP	7,59	19,8	7,59	22,1	7,6	21,8	
Consumidor	7,7	20,4	7,6	22	7,7	20,4	

Gráfica 5: *Resultados del pH en los puntos de muestreo 2019.*

Fuente: Los autores

4.1.2.5 Turbiedad

Los resultados de la turbiedad son valores son menores a los establecidos como límites máximos permisibles de la norma INEN 1108: 2014, quinta revisión y la normativa nacional vigente TULSMA, Libro VI, Tabla 1. Durante los tres muestreos en los cuatro puntos de estudio se registraron valores promedio de 0.21 a 0.34 NTU. Sin embargo el punto de salida de la PTAP registra un mayor valor con 0.34 NTU en comparación con el punto de entrada a la PTAP cuyo valor es menor con 0.23 NTU , este comportamiento se deduce a que en el proceso de filtro lento la capa de lodo se aumenta provocando una mayor resistencia al paso del agua ocasionando la perdida de carga y que el filtro pierda el caudal, derivando a una saturación que altera aumentando el valor inicial de turbiedad, recalcando así que es necesario la limpieza en el proceso de filtración.



	Fecha: 23/09/2019	Fecha:21/10/ 2019	Fecha: 25/11/2019	INEN 2014	AM 097-A, 2015
Unión de vertientes	0,18	0,25	0,19	5	100
Ingreso de la planta de tratamiento	0,21	0,22	0,25		
salida de la planta de tratamiento	0,63	0,2	0,2		
Consumidor	0,28	0,24	0,27		

Gráfica 6: *Resultados de la turbiedad en los puntos de muestreo 2019.*

Fuente: Los autores

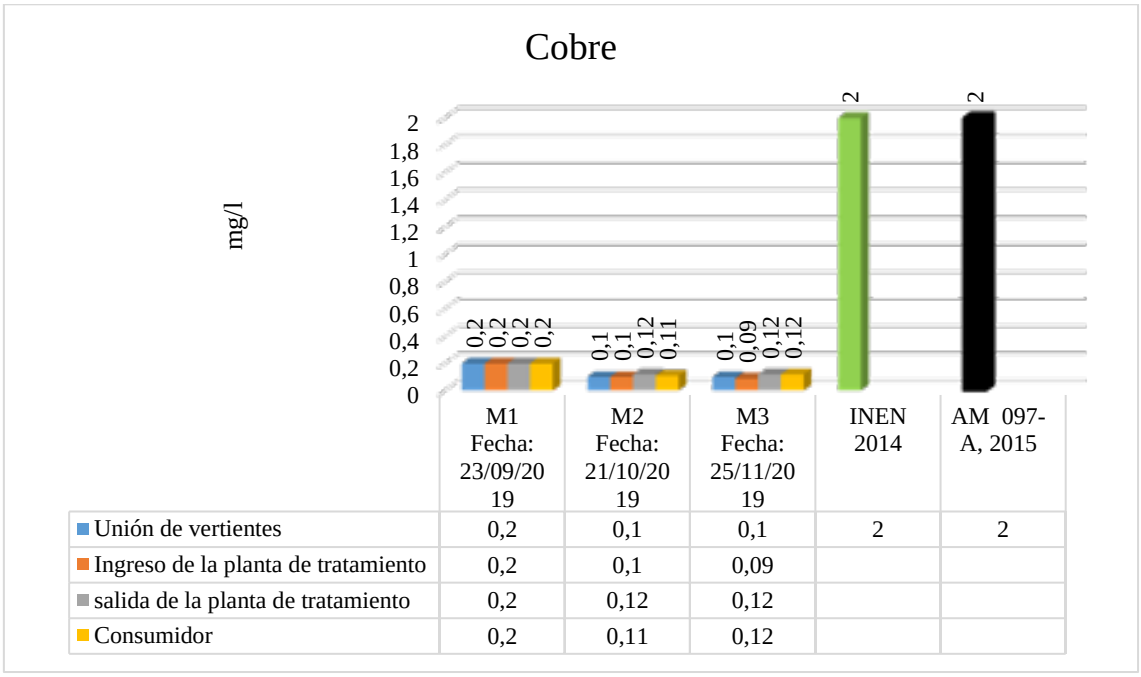
4.1.3 Metales pesados

4.1.3.1 Cobre mg/l

En el parámetro de cobre se presentaron valores como; en la Unión de vertientes en el primer muestreo "M1" fue de 0,2 mg/l de cobre, en el "M2 y "M3" el valor fue constante de 0,1 mg/l, con un promedio en este punto de 0,13 mg/l. al ingreso de la planta de tratamiento se registraron los siguientes valores, en "M1" 0,2 mg/l de cobre, en el segundo muestreo "M2" el valor fue de 0,1 mg/l y en el muestreo "M3" el valor de cobre fue de

0,09 mg/l, el promedio para este punto de muestreo fue de 0,13 mg/l. en la salida de la planta de tratamiento se adquirieron valores de cobre en el primer muestreo “M1” fue de 0,2 mg/l, mientras que en los dos muestreos siguientes “M2” y “M3” el resultado se mantuvo con 0,12 mg/l de cobre, con un promedio de 0,14 mg/l en dicho punto de muestreo. En el análisis de consumidor el valor de muestreo “M1” fue de 0,2 mg/l, en el muestreo “M2” fue de 0,11 mg/l y en el punto “M3” fue de 0,12 mg/l, con un promedio de 0,14 mg/l de cobre en el consumidor.

Las normativas en las que se basa esta investigación son: La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 Quinta revisión 2014 tabla 1,Tabla 7, en el anexo 1 del Libro VI Del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico establecen que el límite máximo permisible es de 2 mg/l de cobre en aguas de consumo humano, entonces calculando el promedio de los resultados de todos los puntos de muestreo de esta investigación obtenemos un valor de 0,13 mg/l de cobre en el agua tratada en esta planta, parámetro que está dentro del límite establecidos por las dos normativas mencionadas.



	M1 Fecha: 23/09/2019	M2 Fecha: 21/10/2019	M3 Fecha: 25/11/2019	INEN 2014	AM 097-A, 2015
Unión de vertientes	0,2	0,1	0,1	2	2
Ingreso de la planta de tratamiento	0,2	0,1	0,09		
salida de la planta de tratamiento	0,2	0,12	0,12		
Consumidor	0,2	0,11	0,12		

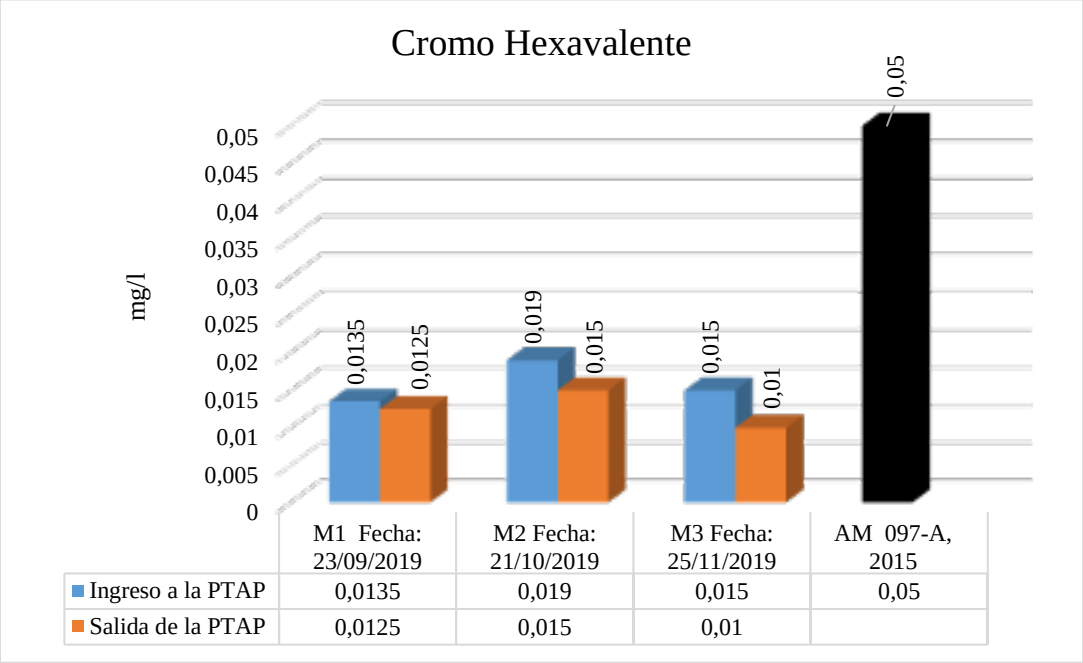
Gráfica 7: *Concentración de Cobre en los puntos de muestreo 2019.*

Fuente: Los autores

4.1.3.2 Cromo hexavalente

El parámetro de cromo hexavalente se realizó el muestreo y análisis en los puntos, "Ingreso y salida de la PTAP" obteniendo valores como; al "ingreso de la PTAP" en el primer muestreo M1 se obtuvo un valor primer muestreo "M1" de 0,0135 mg/l, en el segundo punto de muestreo "M2" de 0,019 mg/l y en el muestreo "M3" fue de 0,015 mg/l de cromo hexavalente, en promedio de los tres muestreos fue de 0,016 mg/l. En la "salida de la planta de la PTAP" los valores fueron, en M1 fue de 0,0125 mg/l, en M2 fue de 0,015 mg/l y en el tercer muestreo M3 fue de 0,01 mg/l dando un promedio de 0,0125 mg/l de concentración de cromo hexavalente en las muestras analizadas,

El Acuerdo Ministerial 097-A, 2015 (Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria). Anexo 1 del Libro VI: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico establece el límite máximo permitido de 0,5 mg/l de cromo hexavalente en el agua para consumo humano, es decir que este parámetro está dentro de las normativas que rigen este proyecto de investigación.

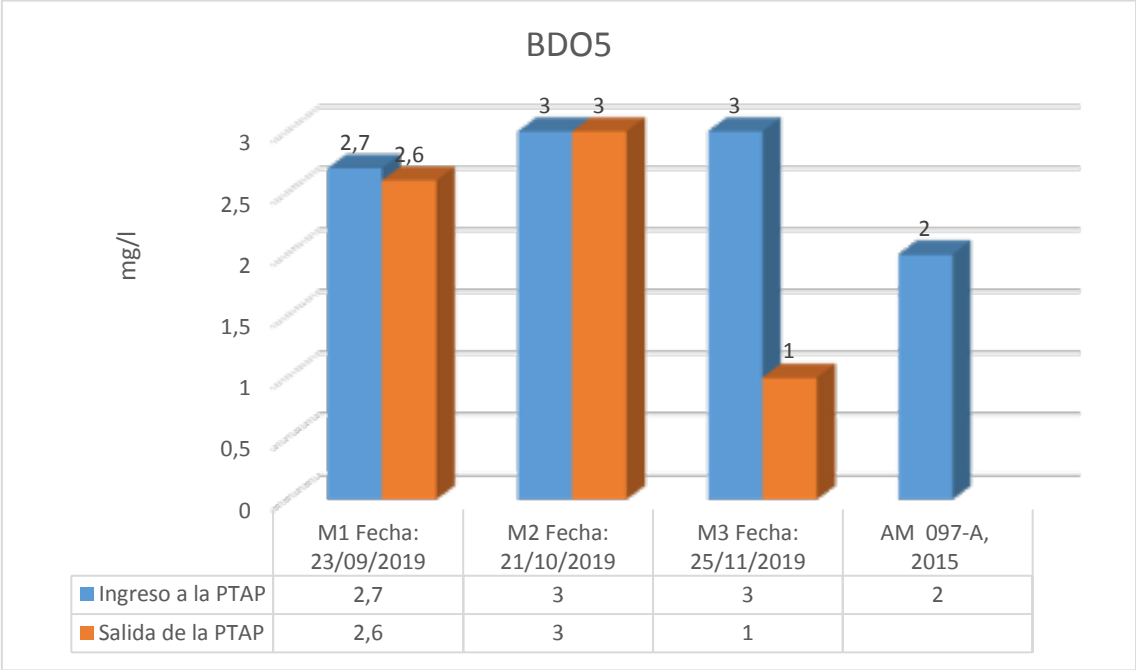


Gráfica 8: *Concentración de Cromo Hexavalente en los puntos de muestreo 2019.*

Fuente: Los autores

4.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigeno DBO5

El parámetro de la demanda bioquímica de oxigeno se realizó el análisis en los puntos ingreso y salida de la planta de tratamiento de agua potable, los resultados obtenidos fueron, al "ingreso de la PTAP" en el primer muestreo"M1" con un valor de 2,6 mg/l, en los muestreos siguientes "M2" y "M3" el valor para la DBO5 constante de 3 mg/l, con un promedio de 2,9mg/l. en la "salida de la PTAP" los valores fueron M1, 2,6 mg/l, en M2 fue de 3 mg/l y M3 fue de 1 mg/l dando un promedio de 2,2 mg/l de DBO5 en las muestras analizadas, Este parámetro esta regularizado por el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015 (Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria). Anexo 1 del Libro VI: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico con un valor de 2 mg/l, cabe mencionar que al realizar el promedio de los valores registrados en los tres muestreos de cada punto este parámetro no cumple con lo establecido por la legislación**.**



	M1 Fecha: 23/09/2019	M2 Fecha: 21/10/2019	M3 Fecha: 25/11/2019	AM 097-A, 2015
Ingreso a la PTAP	2,7	3	3	2
Salida de la PTAP	2,6	3	1	

Gráfica 9: *Resultados obtenidos de la concentración de la DBO5 en los puntos de muestreo 2019.*

Fuente: Los autores

4.2 Análisis de varianza

En el análisis de variancia entre los parámetros que se logró establecer una relación, se realizó mediante el programa **InfoStat,** este programa analiza datos estadísticos multivariados de forma general, con un interfaz relativamente sencillo y sus resultados son expresa en letras que indican diferencias significativas.

4.2.1 Parámetros que presentaron diferencias significativas

4.2.1.1 Potencial de hidrogeno

En este parámetro los puntos de muestreo ingreso a la planta de tratamiento, salida de la planta de tratamiento y consumidor se relacionan con un valor de pH (7,42-7,59-7,70 respectivamente), unión de vertientes y consumidor no se registran relación alguna ya que los valores medios son (7,20-7,70 respectivamente).

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,37095

Tabla 8: *Análisis de varianza del parámetro de Potencial de Hidrogeno en los puntos de muestreo.*

Error: 0,0201 gl: 8

ORIGEN DE MUESTRA	Medias	n		
1,00	7,20	3	A	
2,00	7,42	3	A	B
3,00	7,59	3		B
4,00	7,70	3		B

Fuente: Autores

4.2.1.2 Nitritos mg/l N-NO2

Los resultados nos arrojan un variación significativa entre todos los puntos de muestreo desde el consumidor, unión de vertientes, ingreso y salida de la planta de tratamiento con los valores medios de (2,7- 4,0-0,02-0,03 respectivamente), se representan con las letras A y B las cuales no se relacionan entre sí en ningún punto de muestreo.

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,00792

Error: 0,0000 gl: 8

Tabla 9: *Análisis de varianza de la concentración de Nitritos en los puntos de muestreo.*

ORIGEN DE MUESTRA	Medias	n		
4,00	2,7E-03	3	A	
1,00	4,0E-03	3	A	
2,00	0,02	3		B
3,00	0,03	3		B

Fuente; Autores

4.2.2 Parámetros que presentan relación entre los variables

4.2.2.1 Turbiedad

Los valores se presentan de manera ascendente desde el punto de muestreo unión de vertientes, ingreso a la planta de tratamiento, consumidor y salida de la planta de tratamiento, con los valores (0,21-0,23-0,26 y 0,34 respectivamente)**,** no existe variación significativa entre las variables.

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,33058

Error: 0,0160 gl: 8

Tabla 10: *Análisis de varianza de la Turbidez del agua registrada en los puntos de muestreo.*

ORIGEN DE MUESTRA	Medias	n	
1,00	0,21	3	A
2,00	0,23	3	A
4,00	0,26	3	A
3,00	0,34	3	A

Fuente: Autores

4.2.2.2 Color

Con los valores medios que van desde los 2-2,67-3-3,33 en los puntos consumidor, unión de vertientes, salida de la planta e ingreso a la planta de tratamiento respectivamente, aquí se identifican las variables con una sola letra, lo que significa que no existe variación significativa entre los resultados.

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 2,50350

Error: 0,9167 gl: 8

Tabla 11: *Análisis de varianza del parámetro de Color registrado en todos los puntos de muestreo.*

ORIGEN DE MUESTRA	Medias	n	
4,00	2,00	3	A
1,00	2,67	3	A
3,00	3,00	3	A
2,00	3,33	3	A

Fuente: Autores

4.2.2.3 Cobre

No existe variación significativa entre los puntos de muestreo, por ejemplo en el ingreso a la planta de tratamiento y en la unión de vertientes nos dio un valor medio de 0,13, en el consumidor el valor fue de 0,14 y por último en la salida de la planta de tratamiento fue de 0,15. Identificada con una sola letra A. Lo que garantiza similitud entre variables.

Test: Tukey Alfa: 0, 05 DMS: 0,14081

Error: 0, 0029 gl: 8

Tabla 12: Análisis de varianza de la concentración de Cobre registrada en los puntos de muestreo.

ORIGEN DE MUESTRA	Medias	n	
2,00	0,13	3	A
1,00	0,13	3	A
4,00	0,14	3	A
3,00	0,15	3	A

Fuente; Autores

4.3 Comparación de los resultados obtenidos con la legislación.

Tabla 13: *Comparación de los resultados de las concentraciones de parámetro en los puntos de muestreo establecidos según la Norma Técnica INEN 1108 Quinta revisión 2014.*

#	**Parámetros**	**Unidad**	**Unión de vertientes**	**Ingreso a la PTAP**	**Salida de la PTAP**	**Consumidor**	**LMP INEN 1108** Quinta revisión 2014	**Cumplimiento**
1	Cloro Libre residual	mg/l	-	1,7	-	0,15	0,3 a 1,5 [1)]	No cumple
2	Cobre	mg/l	0,13	0,13	0,147	0,14	2	si cumple
3	Color	Pt-Co	2,22	3,33	3	2	15	si cumple
4	Cromo hexavalente	mg/l	-	0,016	0,0125	-	-	No registra
5	DBO5	mg/l	-	2,9	2,2	-	-	No registra
6	Nitritos	mg/l	0,004	0,022	0,027	0,03	3	si cumple
7	Potencial Hidrógeno	pH	7,2	7,42	7,59	7,7	-	No registra
8	Turbiedad	UTN	0,21	0,23	0,34	0,26	5	si cumple
9	Coliformes fecales	Nmp/100	44,33	123,2	2,9	1,8	<1	No cumple

Fuente: Autores

Tabla 14: Comparación de los resultados de las concentraciones de parámetro en los puntos de muestreo establecidos según el AM 097-A, 2015.

#	**Parámetros**	**Unidad**	**Unión de vertientes**	**Ingreso a la PTAP**	**Salida de la PTAP**	**Consumidor**	**LMP AM 097-A, 2015**	**Cumplimiento**
1	Cloro Libre residual	mg/l	-	1,7	-	0,15	-	No registra
2	Cobre	mg/l	0,13	0,13	0,147	0,14	2	si cumple
3	Color	Pt-Co	2,22	3,33	3	2	75	si cumple
4	Cromo hexavalente	mg/l	-	0,016	0,0125	-	0,05	si cumple
5	DBO5	mg/l	-	2,9	2,2	-	<2	No cumple
6	Nitritos	mg/l	0,004	0,022	0,027	0,03	0,2	si cumple
7	Potencial Hidrógeno	pH	7,2	7,42	7,59	7,7	6-9	si cumple
8	Turbiedad	UTN	0,21	0,23	0,34	0,26	100	si cumple
9	Coliformes fecales	Nmp/100	44,33	123,2	2,9	1,8	1000	si cumple

Fuente: Autores

4.4 Discusiones por cada parámetro

Los valores de Coliformes fecales en los cuatro puntos de estudio no cumplen con la normativa vigente INEN 1108, 2014. El punto denominado unión de vertientes reporto un valor promedio de 44,33 Nmp/100, en el punto de ingreso en la PTAP con un promedio de 123,2 Nmp/100, en la salida de la PTAP con un promedio de 2,9 Nmp/100 y el punto consumidor considerado como el punto de menor valor con 1.9 Nmp/100, al igual que el estudio realizado por (Días, 2017) cuyos valores del parámetros de coliformes fecales no están cumpliendo con los valores máximos permisibles establecido por el acuerdo al decreto 1594 de 1984, pues en el ingreso de la PTAP con 300 Nmp/100, y a la salida de la PTAP con <2, se deduce que se requiere de una mayor dosificación de cloro ya que este permite la diminución de Coliformes presentes.

Al ingreso de la planta de tratamiento se registra un valor de 0,15mg/l de cloro libre residual y en el consumidor la concentración es de 0,15mg/l, evidenciando no existe un eficiente sistema de cloración ya que al ingreso de la planta de tratamiento el agua contiene una concentración de cloro libre residual alta mientras que en el punto del consumidor la concentración disminuye por debajo del LMP establecido por la Norma Técnica **INEN 1108** Quinta revisión 2014, sin embargo estos datos guardan similitud con el análisis de potabilización de un ojo de agua en la ciudad de Quito realizado por (Cóndor, 2015), donde registra un valor para cloro total de 1,10 mg/l y para cloro libre residual un valor de 0,28 mg/l. Las fases por las que atraviesa el agua al ser sometida a un proceso de cloración son; la oxidación de la materia orgánica en forma de cloraminas, es donde es agregado el cloro en este caso por goteo, después para la eliminación de las cloraminas el cloro libre residual disminuye con el paso del tiempo mientras que la demanda de cloro aumenta. En el estudio sobre el control y evaluación de la planta de tratamiento de agua potable y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de caluma nuevo del cantón Caluma – provincia de Bolívar elaborado por (Camacho, 2014) se determinó el cloro total con un valor de 2.5 mg/l y el cloro libre residual con un valor de 0,7 mg/l que se encuentra dentro de los límites propuestos por la norma INEN 1108 de aceptación para medir la calidad del agua potable.

Las unidades de color en todos los puntos de muestreo tienen valores aceptables, en el punto de consumidor el valor es de 2 unidades Pt-Co, al relacionar este dato con el valor de turbiedad (0,26 NTU) y con la cantidad de materia orgánica se observa una relación coherente, como lo afirma (Guzmán, Nava, & Diaz, 2015), al mencionar que el color y la

turbiedad son características relacionados con la carga de materia orgánica del agua, factor que influye notablemente en la eficiencia del tratamiento del agua, principalmente en la cloración. Además según (Lazo & Verdugo, 2015), al realiza el estudio de la eficiencia en tres filtros de una planta de tratamiento los resultados fueron que el color del agua cruda es considerablemente mayor en comparación con el color del agua pre filtrada y filtrada, esto era de esperarse puesto que el agua que ingresa a la planta no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento, además esta trae consigo una serie de partículas suspendidas productoras del color aparente del agua, las mismas que con los diferentes procesos unitarios de potabilización disminuyen el color hasta obtener el color real luego del proceso de filtración.

Los valores nitritos están dentro del LMP establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015 (Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria). Anexo 1 del Libro VI: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico y la normativa INEN 1108 Quinta revisión 2014, sin embargo en el punto crítico que es consumidor, en el cual no debería presentarse concentraciones de nitritos ya que el agua es de origen subterránea, mientras que si los valores de nitritos y nitratos son elevados se puede aludir a que existen contaminación antrópica o natural por la lixiviación de las rocas, como lo asegura el estudio realizado por (Bolaños, Gloriana, & Segura, 2017), al analizar las concentraciones de estos parámetros en tres municipios los resultados fueron de ion nitrato elevado con un rango de 25 mg/l a 37,45 mg/l, con este resultado se puede hablar de una contaminación de origen humano en estas zonas, lo cual se evidencia con la sobrepoblación cerca de las nacientes, donde es notorio el irrespeto a los retiros establecidos por la Ley de Aguas, vigente en Costa Rica desde 1949.

El pH cumple con el lineamiento normativo de 6 como límite inferior y 9 como límite superior establecido como LMP regulado por el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, los resultados promedios de pH que se presentaron en esta investigación son de 7,48, es decir es un valor que se mantiene en el centro entre los limites inferiores y superiores. Mientras que (Pérez, 2010) según la normativa en Colombia considera como límite inferior un valor de 6.5 y límite superior un valor de 9, en su estudio realizado se reportó un valor promedio de 6.75 que se encuentra dentro del intervalo establecido teniendo como puntos mínimos cercanos al límite inferior, en los meses de octubre 2009 a abril 2010 en la caracterización de agua en la PTAP de la cuidad de Yopal, Colombia. Al contrario con

(Herrera, 2015) en sus doce puntos de muestreo se determinó un valor promedio de 5.71 esta tendencia de acidez es debido al origen superficial del agua que se mesclan con los gases atmosféricos y la temperatura.

El parámetro de Turbiedad durante los tres muestreos en los cuatro puntos de estudio se registraron valores promedio de 0.21 a 0.34 NTU. Sin embargo el punto de salida de la PTAP registra un mayor valor con 0.34 NTU en comparación con el punto de entrada a la PTAP cuyo valor es menor con 0.23 NTU. Las concentraciones máximas y mínimas de turbiedad en los puntos de estudio se asemejan a los resultados de turbiedad en el estudio denominado Evaluación de la calidad del agua en la planta potabilizadora el dorado en Bogotá a través del análisis estadístico de series de tiempo realizado por (Redondo & Lopez, 2016) se presentó valores máximo y mínimo de 1,84 y 0,03 UNT respectivamente, registrados en las épocas de disminución de la precipitación en la zona de estudio se considerando que los dos estudios poseen valores que se encuentran en el rango aceptable de LMP que regula las normativas de cada país.

Los valores superiores de cobre se registraron en los puntos salida de la PTAP y consumidor con 0,147 y 0,14 respectivamente, este parámetro si cumple con las normativas mencionadas ya que LMP es de 2 mg/l, justificando el valor elevado en el punto del consumidor se puede deber a la lixiviación o corrosión del sistema de distribución, tuberías, griferías, distribución interdomiciliaria, lonquitud de los tubos y el estado de las instalaciones. Según (Sancha, S,f), esta lixiviación dependerá de muchos factores, el más importante el pH. Los problemas asociados con el Cobre soluble se producen más a pH 7,5 o menor, se desarrollan en un período corto y pueden remediarse elevando el pH. Por el contrario, cuando se trata de liberación de Cobre particulado, este problema se desarrolla en tiempos más prolongados y se pueden llegar a alcanzar altas concentraciones de Cu en el agua, no se corrige con ajustes de pH, es necesario filtración. Considerando que los resultados de cobre presente en el agua es tolerable para la salud humana, como se puede corroborar mediante un análisis realizado por (Alarcón, 2014), el cual realizó un estudio experimental con adultos sanos y el umbral promedio de sabor para el sulfato de cobre y cloruro en el agua de la fuente de agua potable, agua des ionizada o agua mineral era 2,5 a 3,5 mg/L. Esto es justo por debajo del umbral experimental para el malestar gastrointestinal agudo. Según (Ecofluidos Ingenieros, 2012), mencionan que las bajas concentraciones de cobre en el agua se debe a que la muestra fue tomada dejando fluir el agua un tiempo considerable, mientras que si las

concentraciones del cobre son considerablemente elevadas (con frecuencia >1 mg/l) es porque el agua ha estado retenida, estancada o permaneció inmóvil. La concentración de cobre en el agua tratada suele aumentar durante su distribución, sobre todo en sistemas con pH ácido o en aguas con concentración alta de carbonato, con pH alcalino.

El Cromo hexavalente fue analizado en el ingreso y salida de la PTAP, con un resultado promedio de los tres muestreos fue de 0,016 mg/l y 0,0125 mg/l respectivamente, cuyo valor cumple con la normativa antes mencionada, el resultado tiene lógica puesto a que se encuentra libre de contaminación potencial de cromo, es decir no existe actividad antrópica aledaña pero la presencia se justifica ya que el cromo se encuentra en concentraciones mínimas en las rocas y el suelo, como lo sustenta (Reyes, 2013), en su proyecto de cuantificación de la contaminación del agua potable con cromo hexavalente y su relación con las curtiembres. Donde menciona que la concentración alta de cromo hexavalente se presenta en las zonas de influencia directa de las microempresas dedicadas a procesos de curtido, por lo cual es posible concluir que ésta actividad industrial influye en las elevadas concentraciones del metal en el agua. Se correlaciona la información con el estudio de la verificación analítica para las determinaciones de cromo hexavalente en aguas por espectrofotometría realizada por (Severiche & González, 2013), los resultados de cromo hexavalente en tres zonas analizadas en diferentes ambientes presentaron mayores concentraciones de cromo hexavalente en las cercanas a las industrias y actividades agrícolas mientras que las concentraciones bajas de este metal en zonas sin actividad antrópica.

La Demanda bioquímica de oxigeno tiene una concentración promedio de 2,9 mg/l al ingreso de la PTAP y un promedio de 2,2 mg/l a la salida de la PTAP, este resultado supera los LMP por el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, lo que sugiere que el agua cruda llega al ingreso de la planta con carga de materia orgánica elevada, como lo menciona el estudio técnico sobre el análisis de la calidad de agua en la subcuenta del rio Coca elaborado por (Soto & Reina, 2012), cuyos resultados evidenciaron una elevada concentración de DBO5 y coliformes fecales, lo que argumenta se debe a efectos de las descargas de aguas servidas de la población cercana al sitio de muestreo.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones

- En conclusión las metodologías aplicadas para el análisis de los parámetros microbiológicos fue el método de siembre profunda a doble capa, mientras que para los parámetros físico-Químicos se desarrolló el método HACH, Espectrofotómetro por absorción atómica y Standard Methods, siendo metodologías estandarizadas a nivel internacional.
- Al analizar los parámetros microbiológicos, físico y químicos en el agua tratada en la planta de potabilización del sector Tolóntag se evidencio que, de los 9 parámetros considerados, 3 de ellos no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 Quinta revisión 2014-01 y El Acuerdo Ministerial 097-A, 2015 (Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria). Anexo 1 del Libro VI: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico, estos son; cloro libre residual en el ingreso de la PTAP fue de 1,7 mg/l que supera el límite establecido, mientras que la concentración de cloro libre residual en el agua que llega al consumidor disminuye por debajo del límite establecido con 0,15 mg/l, esto quiere decir que el sistema de cloración es ineficiente puesto que en la planta de tratamiento no existe un registro de la cantidad de cloro que debe ser añadido en los tanque de cloración primario y secundario. En la demanda biológica de oxigeno se registra un valor promedio de 2,9 mg/l al ingreso y 2.2 mg/l a la salida de la PTAP el cual supera el límite establecido por el Acuerdo Ministerial 097-A del 2015, esto indica que se necesita una mayor cantidad de oxígeno disuelto para degradar la materia orgánica presente en el agua y en Coliformes fecales en los 4 puntos de muestreo se obtuvieron valores superiores a lo establecido en la norma INEN 1108 la cual acepta valores < 1 nmp/100.
- En conclusión para el obtener el porcentaje de eficiencia del tratamiento de agua en la planta potabilizadora se realizó el cálculo de la regla de tres, tomando a los nueve parámetros analizados como el 100% de eficiencia, de los cuales solo 6 de ellos están dentro de los LMP establecidos, demostrando que la eficiencia de la

PTAP es de 66.66%, lo que siguiere aplicar medidas que garanticen un óptimo funcionamiento del sistema de potabilización.

- Las concentraciones de los parámetros como: Cobre, Color, Cromo hexavalente, Nitritos, Potencial Hidrógeno, Turbiedad, presentan valores que están dentro del rango establecido por las normativas tomada en consideración, sin embargo no se puede considerar eficiente al tratamiento de agua que brinda la PTAP del sector Tolóntag, puesto que al tratarse de agua para consumo humano los parámetros como Coliformes fecales y nitritos deberían ser nulo.
- Se debe implementar el análisis del parámetro Potecial Redox (ORP Redox) como una técnica de monitoreo operativo mediante el cual se puede determinar la eficiencia de la acción desinfectante del hipoclorito de sodio en el sistema, ya que al controlar el sistema de cloración se puede eliminar parámetros microbiológicos que afecten la calidad de agua que llega al consumidor, esto de manera conjunta con un sistema de mantenimiento integral de la PTAP como se menciona en las Guías de la OMS para la calidad del agua potable.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda el monitoreo y análisis periódico de los parámetros microbiológicos, físicos y químicos del agua procedente de la planta de potabilización del sector Tolóntag.
- Se recomienda la adecuación de un pre-tratamiento de rejillas para la remoción o separación de sólidos, material flotante o sumergido durante la captación y conducción que contenga el agua cruda antes del ingreso a la planta de potabilización.
- Se recomienda la implementación de un tanque de almacenamiento general de agua tratada, ya que en el momento no existe la posibilidad de almacenar el volumen suficiente de agua potable que garantice el abastecimiento de este recurso a la población, lo que afecta a la limpieza y mantenimiento general de la planta de potabilización, ya que paralizar las actividades para realizar el mantenimiento general de la planta de potabilización implicaría el desabastecimiento del recurso hídrico a la ciudadanía. Al aplicar esta recomendación se evidenciará una notable disminución de la concentración de los parámetros que influyen directamente en la calidad del servicio y la eficiencia de la PTAP aumentará.
- Se recomienda brindar capacitaciones periódicas al personal encargado de la planta de tratamiento en cuanto al funcionamiento, normas de seguridad y sistema de cloración.
- Se recomienda desarrollar un sistema de desinfección eficiente que garantice el cumplimiento de los LMP establecidos en las normativas mencionadas y la optimización en la cantidad de cloro que va a ser añadido, el cual permita generar cloro libre residual que asegure la calidad del agua en el proceso de conducción al consumidor.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

Alarcón, S. (2014). *Determinación de Cobre y Acidez en agua potable mediante espectrofotometría de absorción atómica y potenciometría y su reación con el cobre libre en sistemas intradomiciliarios de agua potable en Lima Metropolitana.* Obtenido de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/3660/Alarcon_ms.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ana, S. (S,f). *Presencia de Cobre en Aguas de Consumo Humano: Causas, Efectos y Soluciones.* Obtenido de http://www.ingenieroambiental.com/4014/sancha.pdf

Aznar, A. (2000). Determinación de los prarmetros físicos-químicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambiental*, vol. 2(23) pag 12-19. Obtenido de http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf

Bolaños, J., Gloriana, C., & Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha. Vol. 30-4.*, Pág 15-27. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf

Camacho, M. (Febrero de 2014). *Control y evaluacion de la planta de tratamiento de agua potable y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de Caluma nuevo del cantón Caluma.* Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7413/1/Tesis%20775%20-%20Camacho%20Garc%C3%ADa%20Marlene%20Beatr%C3%ADz.pdf

Carbajal, Á. (2013). Obtenido de Manual de Nutrición y Dietética. Departamento de Nutrición, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid: https://www.ucm.es/nutricioncarbajal/

Carbajal, Á., & Gonzáles, M. (2012). Propiedades y funciones biológicas del agua. En V. y. Toxqui, *Agua para la salud. pasado, presente y futuro* (págs. 33-45). Madrid: copyright.

Castro, J., Zúñiga, L., & Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en Marcha. Vol. 31-1.*, 35-46.

Cóndor, M. (Febrero de 2015). *Implementación de un tratamiento de potabilización de agua para consumo humano de un ojo de agua en la comuna armero de la ciudad de Quito.* Obtenido de Universidad Central del Ecuador: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6423/1/T-UCE-0008-103.pdf

Contreras-Miranda, M. (S.f). *Calidad de agua.* Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6164/11/turbiedad.pdf

Cordero, M., & Ullauri, P. (2011). *"Filtros caseros, utilizando ferrocemento, diseño para servicio a 10 familias, constante de 3 unidades de filtros gruesos ascendentes (FGAS), 2 filtros lentos de arena (FLA) sistema para aplicación de cloro y 1 tanque de almacemanieto.* Obtenido de https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/747/1/ti874.pdf

Días, W. (2017). *Evaluación y optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio del Tena en el departamento de Cundinamarca.* Obtenido de Universidad Católica de Colombia.: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14490/1/Trabajo_21.pdf

Ecofluidos Ingenieros, S. (2012). *Informe final estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurimac y Cusco.* Lima: Fondo para el logro de los ODM.

Ecofluidos, S. (2012). *Estudio de calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigacion por organización panamericana de la salud contaminacion por uso domestico y agroquimicos.* Obtenido de Fondo para el logro de las ODM: http://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf

EPAS, S. d. (S,f). *Control, Regulación y Defensa de los Derechos del Usuario del Sistema Sanitario de Mendoza.* Obtenido de http://www.epas.mendoza.gov.ar/index.php/sistema-sanitario/agua-potable

Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *QuímicaViva*, 151-153.

Fonseca, J., & Andi, J. (2018). *Evaluación Físico-Química y Microbiológica de la planata potabilizaora de agua el barrio las Americas* . Puyo.

Galvin, M. (S,f). *Características físicas, químicas y biológicas de las aguas.* Obtenido de file:///C:/Users/user/Downloads/componente48099.pdf

Guzmán, B., Nava, G., & Bevilacqua, P. (2015). Obtenido de La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012: file:///C:/Users/user/Downloads/2511-Texto%20del%20manuscrito%20completo%20(cuadros%20y%20figuras%20insertos)-13016-1-10-20150909%20(1).pdf

Guzmán, B., Nava, G., & Diaz, P. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012. *Biomédica*, 182-185.

Hach. (2000). Manual sobre análisis del agua. En *Procedimientos seleccionados del manual de Hach sobre análisis del agua.* (págs. 81-169). Loveland, Colorado, EE.UU.: Hach Company, file:///C:/Users/user/Downloads/Water%20Analysis%20Manual-Spanish-Manual%20de%20Analisis%20de%20Agua%20(7).pdf.

Hernandez, A. (2008). *Abastecimiento y Distribución de Agua.* España: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos .

Hernández, R. (2002). *ACIDEZ Y pH.* Obtenido de Libro Botánica Online : http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/

Herrera, M. (2015). *Diseño de la planta de tratamiento de agua potable para el sistema de riego Cayambe-Olmedo.* Obtenido de Universidad Internacional SEK: http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1081/1/Tesis%20Michael%20Herrera%202015.pdf

Hybrid. (2016). *Potencial de reducción de oxidación ORP.* Obtenido de Hendrix Genetics Company: https://resources.hybridturkeys.com › system › Infosheet ORP SPN Nov2016

Idrovo, C. (2010). *Optimización de la planta de tratamiento de Uchupucun.* Obtenido de https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2426/1/tq1066.pdf

INEN1108. (2014). *Agua Potable. Requisitos.* Obtenido de http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf

INEN1202. (1 de Junio de 2013). *Agua, demanda bioquimica de oxigeno (DBO5).* Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalización: http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-1202-AGUAS.-DEMANDA-BIOQU%C3%8DMICA-DE-OX%C3%8DGENO-DBO5.pdf

INEN2169. (2013). *Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras.* Obtenido de http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACI%C3%93N-DE-MUESTRAS.pdf

Lazo, M., & Verdugo, L. (2015). *¨Evaluación de la eficiencia de los filtros durante el proceso de potabilización del agua mediante análisis físico químico y biológico en la planta de tratamiento Uchupucun de a ciudad Azogues".* Obtenido de https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21726/1/Tesis.pdf

Macas, A. (2011). *Validación de métodos analíticos para la determinación de Cloro Libre Residual, Cromo Hexavalente, Cromo Total y Nitritos en muestras de agua, en el Centro de Investigaciones y Control ambiental "CICAM ".* Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3136/1/BQ11.pdf

MAE. (2012). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental.* Obtenido de Ministerio del Ambiente del Ecuador: http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf

Martínez, M. (2012). *Estudio para el manejo y disposición final de lodos generados en las plantas de tratamiento de agua potable.* Obtenido de Escuela Politecnica Nacional: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4757/1/CD-4369.pdf

Maza-Lema, J. (2017). *cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de iones de fosfato en dos cuencas andinas altas del sur de Ecuador.* Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14968/1/UPS-CT007384.pdf

Molinares, C. (31 de Mayo de 2006). *Procedimiento para la Prueba de Turbiedad.* Obtenido de http://www.utp.ac.pa/documentos/2011/pdf/PCUTP-CIHH-LSA-205-2006.pdf

Molinares-Torres, C. (31 de Mayo de 2006). *Procedimiento para la Prueba de Turbiedad* . Obtenido de http://www.utp.ac.pa/documentos/2011/pdf/PCUTP-CIHH-LSA-205-2006.pdf

OMS. (2015). *Agua.* Obtenido de Organización Mundial de la Salud: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water

OMS. (2018). *Estrategia de Cooperación Técnica de la organizacion Panamericana de la salud/organización mundial de la salud con Ecuador 2018/2022.* Obtenido de Organización Mundial de la Salud: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275331/ccs-ecu-2018-2022-spa.pdf?ua=1

Pérez, J. (2010). *Caracterización de agua en la Planta de Tratamiento de Agua Potable y en la red de distribución de la cuidad de Yopal.* Obtenido de Universidad Industrial de Santander: http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133761.pdf

Pérez-López, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en Marcha. Vol. 29, Nº 3.*, Pág 3-14. Obtenido de file:///C:/Users/user/Downloads/Dialnet-ControlDeCalidadEnAguasParaConsumoHumanoEnLaRegion-5710308.pdf

Redondo, E., & Lopez, A. (2016). *Evaluación de la calidad del agua en la planta potabilizadora el Dorado.* Obtenido de Universidad Distrital Francisco José de Caldas.:

http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3458/1/TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf

Reyes, J. (Junio de 2013). *Cuantificación de la contaminación del agua potable con cromo hexavalente y su relación con las curtiembres. Caso de esudio: San Benito Bogotá.* Obtenido de https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/19460/u670620.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ríos, S., Agudelo, R., & Gutiérrez, L. (2017). *Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano.* Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf

Sancha, A. (S,f). *Presencia de Cobre en Aguas de Consumo Humano: Causas, Efectos y Soluciones.* Obtenido de http://www.ingenieroambiental.com/4014/sancha.pdf

Santambrosio, E., Ortega, M., & Garibaldi, P. (2009). *Universidad Tecnológica Nacional* . Obtenido de Trabajo práctico n° 3 “Siembra y recuento de microorganismos.”: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/biotecnologia/practicoIII.pdf

SENAGUA. (19 de Octubre de 2006). *Instructivo para conformación y legalización de juntas.* Obtenido de Secretaría del Agua: https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NORMATIVA-SECUNDARIA.pdf

Severiche, C., & González, H. (2013). Verificación analítica para las determinaciones de cromo hexavalente en aguas por espectrofotometría. *Ing. USBMed*, Vol. 4, No. 1,.

SNI. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia Píntag.* Obtenido de Sistema Nacional de Información:

http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768069580001_PINTAG%20Diagnostico_30-10-2015_02-15-53.pdf

Soto, J., & Reina, E. (Enero de 2012). *Estudió Técnico: DNCA-DHN-12-01; "Análisis de la calidad del agua en la subcuenca del rio Coca".* Obtenido de https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/InformeCocaFinal1.pdf

Anexos

1.-Registros del Ministerio de Salud

Tabla 16: *Enfermedades reportadas en la Unidad de Salud Tolóntag, Perfil de Morbilidad Enero- Octubre del 2019*

Causas	Sexo				Número de casos	%
	Hombre	%	Mujer	%		
Diarrea gastroenteritis de presunto origen infeccioso	43	5.5	45	3.04	88	3.89

Fuente: CS Tolóntag, elaborado por los autores.

La Unidad de Salud Tolóntag dirección distrital 17D08, realizo el informe técnico de la vigilancia de la calidad del agua, en el mes de octubre del 2019. Se inició con la toma de muestra del agua, teniendo como resultado del cloro residual un valor de 0,0 y un pH de 8.5, concluyendo que los niveles del cloro residual en el agua potable no se encuentra dentro del límite de la norma que lo regula. La mayoría de la población consume directamente agua de la llave sin hervir por lo que están expuestos a enfermedades de origen hídrico, pues la frecuencia de enfermedad diarreica aguda aumenta al ingerir agua sin cloro. Entre las 20 principales enfermedades, se determina que una de las causas es la Diarrea gastroenteritis de presunto origen infeccioso con un total de 88 casos representando el 3.89% en el periodo de Enero a Octubre de 2019.

2.-Valores reportados en el primer análisis realizado a la Planta de Potabilización del Sector Tolóntag, en el mes de diciembre del 2018.

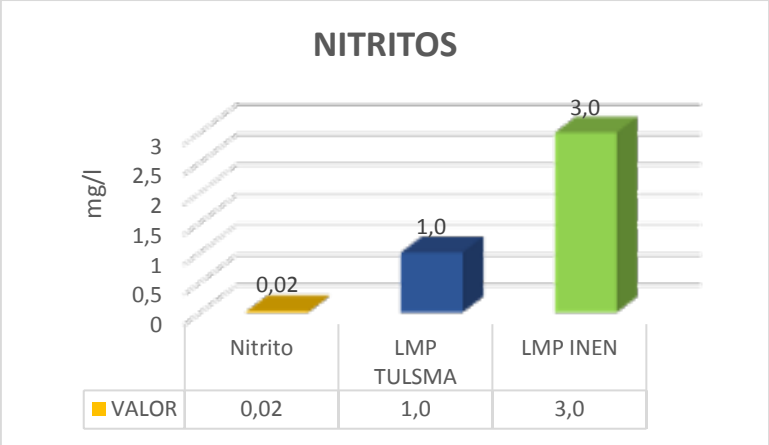


***Figura 1**: Concentración de Nitritos en el primer análisis. 2008*

Fuente: Los autores

Para el parámetro nitrito se registró un valor de 0,02 mg/l, que se encuentra bajo del rango del límite máximo permisible establecido en el Anexo I del Libro VI TULSMA e INEN 1108.

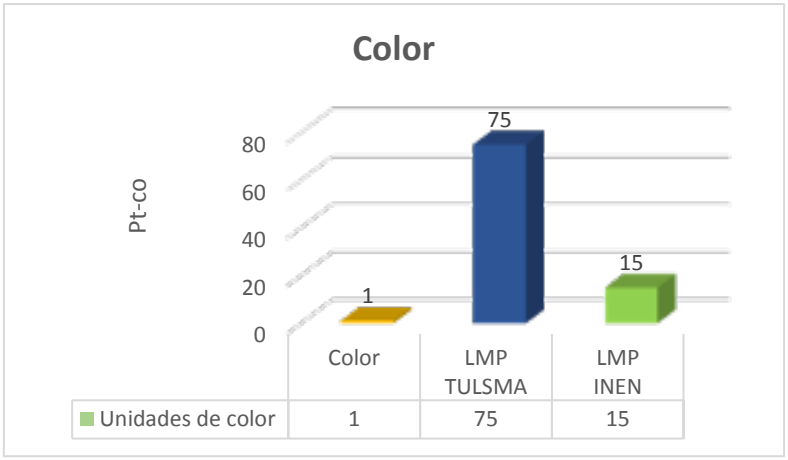


***Figura 2**: Resultado del análisis del parámetro color en el primer análisis. 2008*

Fuente: Los autores

Para el parámetro color se registró un valor de 1 Pt-co, que se encuentra bajo del rango del límite máximo permisible establecido en el Anexo I del Libro VI TULSMA e INEN 1108.

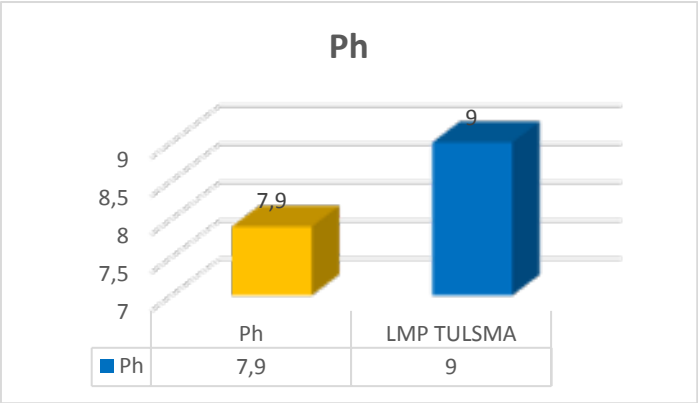


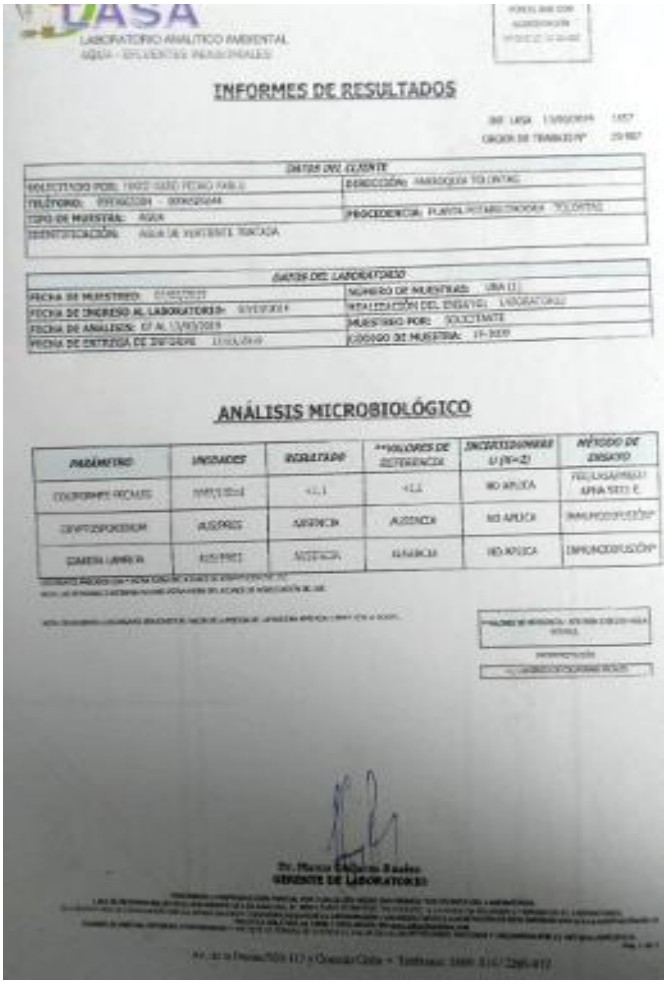
Figura 3: *Determinación del Potencial de Hidrogeno en el primer análisis. 2008*

Fuente: Los autores

Para el parámetro pH se registró un valor de 7.9, que se encuentra bajo del rango del límite máximo permisible establecido en el Anexo I del Libro VI TULSMA.

Informe de resultados realizados en el año 2018





3. Cadena de custodia

FORMATO DE CADENA DE CUSTODIA PARA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE					
Acta N° 1		**Fecha:** 01/09/2019		**Hoja 1 de 1**	
Muestreo n°	1	**Codigo de identificación**	M1	**Total de muestras**	4
Identificación del punto de muestreo		**Campamento Locacion**	Pichincha,Distrito Metropolitano de Quito, parroquia Pintag		
		Lugar de muestreo	Sector Tolontag.		
		Detalla del punto de toma			
Tipo de muestra		**Puntual**	X	**Compuesta manual**	**Compuesta automatica**

Fecha	Codigo	Hora	Coordenadas X	Coordenadas Y	Detalle
01/09/2019	M1uv	13:00	799853	9961484	Muestreo 1 union vertientes
01/09/2019	M1ip	15:30	796624	9962157	Muestreo 1 ingreso PTAP
01/09/2019	M1sp	15:37	796624	9962157	Muestreo 1 salida PTAP
01/09/2019	M1co	17:03	794999	9963646	Muestreo 1 consumidor

	N°	Tipo de recipiente	Tecnica de conservacion
Medidas de conservacion	4 muestras	Tereftalato de polietileno (Pet) 2000ml	Muestras en Cooler con hielos a a temperatura de 4 °C

	Responsable	Cargo	Firma	Observaciones
Muestreo	Casigña Natali	Estudiante		Autor
Transporte	Haro Jenny	Estudiante		Autor
Recepción	Reyes Jorge- Días Luis	Ingenieros		Jefes del Laboratorio
Tiempo transcurrido desde el muestreo en campo hasta la recepcion en el laboratorio (maximo 48h)		19 horas		

4. Captaciones y componentes de la planta



Fotografía 1.-Captación de la vertiente 1.



Fotografía 2.- Captación de la vertiente 2.



Fotografía 3.-Captación de la unión de las 2 vertientes.



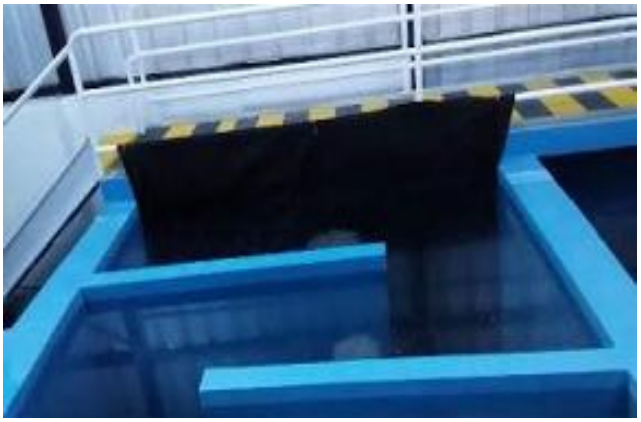
Fotografía 4.-Entrada a la planta potabilizadora (PTAP).



Fotografía 5.-Proceso de floculación (polímero (flopac).



Fotografía 6.-Cámara de Sedimentación



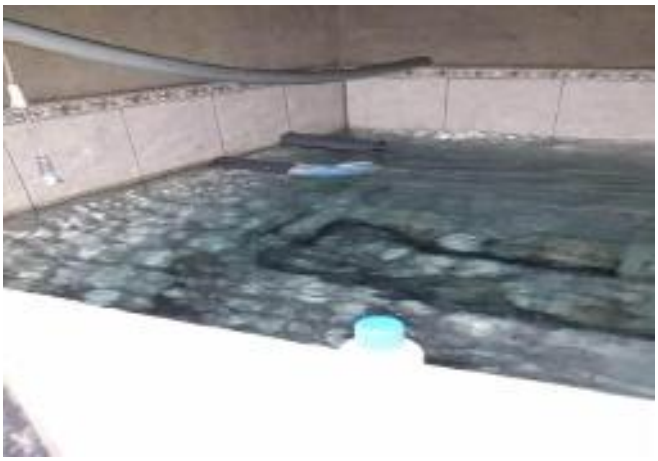
Fotografía 7.-Geo-membrana instalada posterior al proceso de sedimentación.



Fotografía 8.-Tanque visor en la PTAP



Fotografía 9.-Proceso de filtración en la PTAP.



Fotografía 10.-Tanque de almacenamiento del agua tratada en la PTAP.



Fotografía 11.-Vista interior de la PTAP.



Fotografía 12.-Vista exterior de la PTAP.

5 Toma de muestras y análisis en laboratorio



Fotografía 13.-Toma de muestras al ingreso de la PTAP.



Fotografía 14.-Procesamiento de las muestras para el análisis microbiológico y la preparación del agua de peptona para enriquecer las muestras de agua.



Fotografía 15.-Agregar las muestras enriquecidas con el agua de peptona en los tubos de ensayo para la siembra profunda a doble capa.



Fotografía 16.-Procesamiento y análisis de los parámetros fisicoquímicos.



Fotografía 17.-Análisis de los parámetros físico químicos.



Fotografía 18.- Procedimiento para el análisis de sólidos totales y suspendidos.