



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ciencias Químicas
Carrera de Bioquímica y Farmacia

Tema:

“Análisis físico-químico y microbiológico del agua tratada de San Martín de Puzhío, Chordeleg.”

Trabajo de titulación previo a la
obtención de título de Bioquímico Farmacéutico

Autores:

Henry Wilfrido Cambizaca Quille.

C.I: 2100428545

Jeniffer Alexandra Guamán Martos.

C.I: 0107426546

Directora:

Dra. Jéssica Andrea León. Msc.

CI: 0104848098

Asesor:

Dr. Wilson Giovanni Larriva. Msc.

C.I:0102194248

Cuenca – Ecuador

01/08/2019



RESUMEN

Este trabajo de titulación se realizó con el objetivo de analizar la calidad del agua tratada que es distribuida en la parroquia San Martín de Puzhío del cantón Chordeleg, tanto en los tanques de almacenamiento de la planta de tratamiento y en la red de distribución, mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos y compararlos con los requisitos establecidos en la norma INEN 1108:2014 y en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano de Perú.

El total de muestras de agua analizadas fueron de 176, entre las cuales 144 muestras fueron de los inmuebles, tomados aleatoriamente de los 7 sectores, y 32 muestras de la planta de tratamiento, de las que 16 muestras fueron de agua cruda y 16 de agua de la planta. Los análisis físicos, químicos y microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Aguas de la Universidad de Cuenca Campus Balzay, durante 8 semanas entre los meses de noviembre del 2018 y enero 2019. El cloro libre residual fue el único parámetro que se determinó in situ con la ayuda del equipo HACH DR 890.

En el análisis de datos se aplicó estadística descriptiva utilizando el programa SPSS (Statistical Product and Service Solutions) y Excel 2017. Los valores obtenidos indicaron que los parámetros físico-químicos cumplían con lo establecido, excepto el color y el cloro libre residual. En cuanto a los parámetros microbiológicos se observó la presencia de coliformes totales y fecales, durante las 8 semanas de estudio.

Palabras claves: Agua tratada. Chordeleg. Calidad del agua. Coliformes.



ABSTRACT

This titling work was carried out with the objective of analyzing the quality of the treated water that is distributed in the San Martín de Puzhío parish of the Chordeleg canton, both in the storage tanks of the treatment plant and in the distribution network, using parameters physical, chemical and microbiological and compare them with the requirements established in the INEN 1108: 2014 norm and the Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano de Perú.

The total water samples analyzed were 176, among which 144 samples were from the real estate, taken randomly from the 7 sectors, and 32 samples from the treatment plant, of which 16 samples were raw water and 16 of the plant water. The physical, chemical, and microbiological analyses were performed in the Water Analysis Laboratory of the University of Cuenca Balzay Campus, during 8 weeks between November 2018 and January 2019. Residual free chlorine was the only parameter that was determined in situ with the help of the HACH DR 890 equipment.

In the data analysis, descriptive statistics were applied using the SPSS program (Statistical Product and Service Solutions) and Excel 2017. The values obtained indicated that the physical-chemical parameters complied with the provisions, except color and residual free chlorine. Regarding the microbiological parameters, the presence of total and fecal coliforms was observed during the 8 weeks of study.

Key words: Treated water. Chordeleg. Water quality. Coliforms.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE GENERAL	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE GRÁFICAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	9
INTRODUCCIÓN	17
Objetivo General	18
Objetivos específicos	18
1. MARCO TEÓRICO	19
1.1 El agua como líquido vital	19
1.1.1 <i>Agua cruda</i>	19
1.1.2 <i>Agua tratada</i>	19
1.2 Características físicas	20
1.2.1 <i>Color</i>	20
1.2.2 <i>Olor y sabor</i>	20
1.2.3 <i>Turbidez</i>	21
1.3 Características químicas	21
1.3.1 <i>pH</i>	21
1.3.2 <i>Cloro libre residual</i>	21
1.3.3 <i>Nitritos</i>	22
1.3.4 <i>Nitratos</i>	22
1.4 Características microbiológicas	23
1.4.1 <i>Bacterias</i>	23
1.5 Calidad del agua	25
1.6 Proceso de tratamiento del agua en la parroquia San Martín de Puzhío 25	
1.7.1 <i>Captación</i>	26
1.7.2 <i>Desinfección</i>	26
1.7.3 <i>Distribución</i>	27
2. METODOLOGÍA	29
2.1 Tipo de investigación	29
2.2 Área de estudio	29
2.3 Universo y tamaño de la muestra	29
2.4 Muestreo	30



UNIVERSIDAD DE CUENCA

2.5 Toma de muestra	31
2.6 Materiales, equipos y reactivos	32
2.7 Métodos y técnicas de los parámetros físicos	32
2.7.1 <i>Determinación de color. Método de comparación visual</i>	32
2.7.2 <i>Determinación de pH</i>	33
2.7.3 <i>Determinación de turbiedad</i>	33
2.8 Métodos y técnicas de los parámetros químicos	34
2.8.1 <i>Determinación de nitratos</i>	34
2.8.2 <i>Determinación de nitritos</i>	34
2.8.3 <i>Determinación de cloro libre residual</i>	35
2.9 Técnica analítica para la determinación de coliformes totales y fecales por tubos múltiples mediante el Número más probable (NMP)	35
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES	37
3.1 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda y de la planta de la parroquia San Martín de Puzhío, cantón Chordeleg	37
3.2 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los inmuebles de la parroquia San Martín de Puzhío, cantón Chordeleg	39
3.3 Discusiones	46
4. CONCLUSIONES.	49
5. RECOMENDACIONES.	50
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	55



ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Valores de referencia de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para el agua de consumo humano.	24
Tabla 2. Número de muestras por sector.	30
Tabla 3. Número de muestras analizadas.	31
Tabla 4. Parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua cruda y agua de la planta.	37
Tabla 5. Parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de los inmuebles.	40



ÍNDICE DE GRÁFICAS.

Gráfico 1. Promedio semanal del color en el agua cruda y agua tratada.38
Gráfico 2. Promedio semanal de coliformes totales en agua cruda y de la planta39
Gráfico 3. Promedio semanal de coliformes fecales en agua cruda y de la planta.....39
Gráfico 4. Promedio semanal de color en agua de los inmuebles.42
Gráfico 5. Promedio semanal de coliformes totales en agua de los inmuebles.....44
Gráfico 6. Promedio semanal de coliformes fecales en agua de los inmuebles.45



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula para cálculo de la muestra para poblaciones finitas.....	29
Ecuación 2. Fórmula para cálculo de porcentaje que representa cada sector	30
Ecuación 3. Fórmula para obtener el numero de muestras por sector	30



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Mapa ubicación de San Martín de Puzhío en Chordeleg.....	55
Anexo B. Comunidades de la parroquia San Martín de Puzhío.	56
Anexo C. Tabla de interpretación de resultados para NMP y límites de aceptación del 95 por 100 para 3 tubos de 10 ml, 1 ml y 0,1 ml.....	57
Anexo D. Tabla de resultados.....	58
Anexo E. Análisis estadístico de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.	74
Anexo F. Datos del equipo CLORID L-30.	77
Anexo G. Registro fotográfico de toma de muestra y procedimientos.....	81



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Henry Wilfrido Cambizaca Quille en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Análisis físico-químico y microbiológico del agua tratada de San Martín de Puzhío, Chordeleg", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 01 de agosto de 2019

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir "Henry Wilfrido Cambizaca Quille".

Henry Wilfrido Cambizaca Quille

C.I: 2100428545



Cláusula de Propiedad Intelectual

Henry Wilfrido Cambizaca Quille autor del trabajo de titulación "Análisis físico-químico y microbiológico del agua tratada de San Martín de Puzhío, Chordeleg", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 01 de agosto de 2019



Henry Wilfrido Cambizaca Quille

C.I: 2100428545



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Jeniffer Alexandra Guamán Martos en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Análisis físico-químico y microbiológico del agua tratada de San Martín de Puzhío, Chordeleg", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 01 de agosto de 2019

Jeniffer Alexandra Guamán Martos

C.I: 0107426546



Cláusula de Propiedad Intelectual

Jeniffer Alexandra Guamán Martos autora del trabajo de titulación "Análisis físico-químico y microbiológico del agua tratada de San Martín de Puzhio, Chordeleg", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 01 de agosto de 2019



Jeniffer Alexandra Guamán Martos

C.I: 0107426546



DEDICATORIA

A Dios por guiar mis pasos y darme su bendición.

A mi madre Lola, por haberme regalado la vida, por su paciencia, por su amor, por creer en mí y ser incondicional en todo momento.

A mi padre Rolando, por ser ejemplo de vida, sacrificio, humildad y sobre todo por su apoyo incondicional en cada momento.

A mis hermanos, abuela y tíos por estar conmigo en todo momento.

Henry.



DEDICATORIA

A Dios por regalarme un día más de vida y darme su bendición.

Para mi hija Milly, motivo de constante lucha y sacrificio para ser mejor.

Para mis padres, por haberme dado la vida, por la paciencia brindada y por enseñarme a luchar por mis sueños.

A mis hermanos, por estar conmigo en todo momento, enseñándome a ser feliz.

Jeniffer.



AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la fuerza, esperanza y un día más de vida para seguir adelante, ya que con Él todo es posible.

A la Dra. Jéssica León, directora de tesis, por su colaboración, conocimiento, tiempo y paciencia, que nos ayudó a culminar nuestro trabajo de titulación.

Al Dr. Giovanni Larriva, asesor de tesis, que, con su apoyo incondicional, su don de ayuda y palabras de aliento, nos guio en todo el proceso de este trabajo de titulación.

A la Junta de Agua Potable de Puzhío y sus representantes de manera especial al Sr. Jorge Guzmán operador de la planta por la confianza haciendo posible este trabajo de graduación.

A la población de la parroquia San Martín de Puzhío, por su amabilidad y acogida durante la elaboración de nuestro trabajo.



INTRODUCCIÓN

El agua debido a sus múltiples propiedades es considerada una sustancia indispensable para la vida. El crecimiento de la población, el desarrollo industrial y la actividad humana deja como resultado la producción de desechos industriales, basura, el vertimiento de aguas servidas y otros contaminantes, requiriendo diferentes procesos para desinfectar y convertir el agua en una sustancia útil para el ser humano (Fenner, 2017). El agua, es fuente de vida y se debe realizar el máximo esfuerzo para lograr que el agua de consumo humano sea tan segura como sea posible, de esta manera se evita riesgos para la salud ya que se la consume a lo largo de toda una vida (Organización Mundial de la Salud, 2011).

Las aguas superficiales son susceptibles a contaminación fecal por la descarga de aguas residuales sin tratamiento, hecho que usualmente es realizado en ciudades, mientras que, en el campo, el agua se contamina por la ampliación de la frontera agrícola y la defecación a cielo abierto de animales domésticos y de granja. Es por ello que para el tratamiento del agua se debe contar con infraestructuras adecuadas, monitoreo correcto, planificación y gestión eficaces. Desde el punto de vista de salud, la principal preocupación por el eventual suministro de agua contaminada es la transmisión de enfermedades entéricas, causadas por virus, bacterias y parásitos (Tacuri & Vintimilla, 2012).

La parroquia San Martín de Puzhío, perteneciente al cantón Chordeleg, dispone de una planta de tratamiento de agua que está a cargo de la Junta Administrativa de Agua Potable de San Martín Puzhío y brinda servicio de agua tratada a los 7 sectores que conforman la parroquia (PODT, 2015). El estudio del agua en esta parroquia se hizo necesario al observar que esta no posee un proceso de tratamiento completo para ser considerada como potable; el agua proveniente del sistema de captación es sometida a un proceso de desinfección simple, que consiste en la obtención de hipoclorito de sodio mediante electrólisis de sal común, luego el agua se almacena en los tanques de reserva y se distribuye a los inmuebles de la parroquia.

El presente estudio tiene como objetivo analizar la calidad del agua tratada mediante parámetros físicos-químicos (color, pH, turbiedad, cloro libre residual, nitritos y nitratos) y microbiológicos (coliformes totales y fecales) de la parroquia San Martín de Puzhío, con el propósito de conocer si el agua que se consume, cumple con los requisitos establecidos por la norma INEN 1108:2014 y por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.



Objetivo General

- Analizar la calidad del agua tratada mediante parámetros físicos- químicos y microbiológicos, de la parroquia San Martín de Puzhío del cantón Chordeleg.

Objetivos específicos

- Realizar el análisis físico-químico y microbiológico del agua cruda, tratada y de redes de distribución.
- Determinar si el agua tratada de la planta y de redes de distribución cumple con los parámetros (físicos químicos y microbiológicos) de una manera satisfactoria para catalogarla como agua de consumo humano.



1. MARCO TEÓRICO

1.1 El agua como líquido vital

El agua es un recurso indispensable para la vida debido a que es el principal constituyente del ser vivo, además forma parte del medio ambiente, convirtiéndose en el elemento más importante en el planeta, llamado también solvente universal debido a que actúa en diferentes reacciones bioquímicas (Mejía, 2015).

Químicamente, el agua está constituida por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos de tal manera que forman un dipolo, razón por la cual las moléculas de agua tienden a atraerse unas con otras. El agua es líquida, inodora, insípida, incolora en cantidades pequeñas, y azulada o verdosa en grandes masas. Además, es el único compuesto que se encuentra en tres estados físicos de agregación (Fenner, 2017).

En el planeta, el agua ocupa las tres cuartas partes de la superficie, sin embargo, alrededor del 96,5% es representado por agua salada proveniente de los océanos, 2,5% es agua dulce, y 1% se encuentra en lagos salados, pantanos y ríos. En el ser humano, el agua representa entre el 60% a 65% del peso corporal, aunque la edad influye directamente. El 65% se encuentra intracelularmente y el restante siendo un constituyente de la sangre, la linfa, etc., por lo que cumple funciones importantes en el organismo como de transporte, amortiguador, termorregulador y estructural. (Fenner, 2017; Hiriart, 2013).

Por sus múltiples propiedades, el agua es ampliamente utilizada a nivel industrial, agrícola, doméstico, etc.; y para poder consumirla debe ser sometida a un tratamiento que garantice inocuidad para el ser humano, por ello se considera necesario monitorear frecuentemente el agua de consumo (Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

1.1.1 Agua cruda. Es aquella agua que se encuentra en su forma natural, que no ha sido sometida a procesos físicos, químicos ni microbiológicos, es captada a partir de ríos, lagos, quebradas, etc., en donde entra en contacto con el suelo, disolviendo así sustancias orgánicas, inorgánicas y microorganismos (Ministerio de Salud, 2014; ONU, 2003).

1.1.2 Agua tratada. El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (2014), define al agua tratada de la siguiente manera: “Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano”.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

El agua dirigida para el consumo humano debe cumplir con características físicas, químicas y microbiológicas, que garanticen que al consumirla no causará ningún daño significativo a la salud, y será apta para el consumo humano y para todo uso doméstico, incluyendo el aseo personal (Ministerio de Salud, 2014).

1.2 Características físicas

Las características físicas y organolépticas se refieren, en general, a mediciones indirectas de componentes químicos que se encuentran en el agua que pueden ser o no tóxicos. Dentro de este grupo se encuentran aquellos que tienen que ver con la calidad estética y cuya importancia radica en que los consumidores evalúan la calidad del agua basándose principalmente en sus sentidos y, aunque en algunos casos estas sustancias no producen un efecto directo sobre la salud; los consumidores pueden rechazarla al considerar que el agua turbia, con color intenso y olor ambiguo no es segura. El agua de consumo humano, además de ser inocua, debe tener olor, color y sabor agradable. De esta manera se genera confianza en el consumidor y se disminuye la probabilidad de consumo de otras fuentes de agua menos seguras (Conagua, 2007; Organización Mundial de la Salud, 2011).

1.2.1 Color. El color del agua se debe a la presencia de materia orgánica coloreada asociada al humus en forma de suspensión o partículas disueltas. La presencia de hierro y otros metales en forma de impurezas naturales o provenientes de la corrosión pueden influir en el color. También puede deberse a la contaminación del agua con efluentes industriales, considerándose esta situación como peligrosa (Organización Mundial de la Salud, 2011; Rojas, 2009). Además el color es directamente proporcional al pH; es decir, al subir el pH el color se intensifica (Barreto, 2015).

Se reconocen 2 tipos de color en el agua; el color verdadero, que es aquel obtenido una vez eliminada la turbidez de una muestra de agua, y el color aparente, que incluye el color de las sustancias disueltas y material suspendido. El color se expresa en unidades platino cobalto (Pt-Co) o simplemente unidades de color (UC) y se mide utilizando generalmente colorímetros o fotómetros (APHA;WEF;AWWA, 1989).

1.2.2 Olor y sabor. Los olores y sabores en el agua por lo general ocurren juntos y son indistinguibles. El olor y sabor del agua suelen deberse a la presencia de restos orgánicos, H₂S, hierro, manganeso, algas, hongos, etc. El olor raramente es indicativo de la presencia de sustancias peligrosas en el agua; sin embargo, puede indicar la presencia de actividad biológica. Es por ello que, en aguas potables, no debería apreciarse olor alguno (Organización Mundial de la Salud, 2011; Rojas, 2009).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

El olor y el sabor podrían ser indicativos de:

- Cambios inesperados en la calidad de la fuente que suministra el agua.
- Deficiencia en el proceso de potabilización.
- Corrosión o crecimiento biológico (biofilms) en la red de distribución (Barreto, 2015).

1.2.3 Turbidez. La turbidez es una forma de expresar la propiedad o efecto óptico que tiene una muestra de agua para dispersar o absorber la luz en lugar de transmitirla en línea recta. Es ocasionada por una gran variedad de materiales suspendidos desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas como arcilla, limo, materia orgánica, etc. Se considera de gran importancia porque niveles elevados de turbidez aumentan el crecimiento microbiano y disminuyen la eficacia de la desinfección, de tal manera que aumenta la demanda de cloro. La medición de turbidez se realiza mediante turbidimetría o nefelometría, siendo la segunda la más empleada. El valor de turbidez obtenido se expresa en unidades nefelométricas de turbidez (UNT) (Varó & Segura, 2009).

1.3 Características químicas

1.3.1 pH. Es un término empleado para expresar la concentración de iones hidronio $[H^+]$ respecto a la concentración de iones hidroxilo $[OH^-]$ y, consecuentemente, la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución. Indica la actividad del ion Hidrógeno, más no su concentración. Este parámetro es de gran importancia en los diferentes procesos de tratamiento del agua como la coagulación, desinfección y control de la corrosión (Conagua, 2007).

El pH se mide por medio de un electrodo unido a un equipo llamado pH-meter (potenciómetro). La escala de pH va de 0-14 (muy ácido a alcalino), el valor 7 representa la neutralidad. En aguas que no han sido contaminadas, el pH depende de las características del suelo y la roca con la que entra en contacto (Barreto, 2015). Los valores se encuentran entre 6,5 y 8,5 (Ministerio de Salud, 2014).

1.3.2 Cloro libre residual. El cloro libre residual es el cloro que permanece en el agua después de haber sido tratada por un determinado tiempo de contacto. El tiempo mínimo de contacto según la NTE INEN 1108:2014 es de 30 minutos.

El cloro está presente bajo la forma de ClO^- (ion hipoclorito) y $HClO$ (ácido hipocloroso); siendo el $HClO$ un bactericida fuerte y el ClO^- un bactericida débil. El pH es el factor que determina la proporción en la que se encuentre el $HClO$ y el ClO^- (OPA/OMS, 2009).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

La determinación in situ de este parámetro, luego de un tiempo de contacto determinado es importante para calcular la cantidad adecuada de cloro necesario para una correcta desinfección, además, el efecto residual que se mantiene evita una recontaminación del agua a lo largo del sistema de distribución (Barrenechea & De Varga, 2004).

Generalmente, el cloro residual se determina en los siguientes puntos:

- Inmediatamente después de la adición de cloro para verificar que la cloración esté funcionando.
- En el sitio de entrega al público más cercano para verificar que los niveles de cloro residual se encuentren dentro de los límites establecidos.
- En el punto más alejado de la tubería, donde generalmente los niveles de cloro residual son más bajos (OPA/OMS, 2009).

1.3.3 Nitritos. Los nitritos son aniones que contienen nitrógeno y oxígeno; provienen de la reducción del nitrato. Su presencia indica procesos biológicos activos en el agua, se consideran indicadores de contaminación fecal a mediano y corto plazo, son muy inestables y rápidamente se oxidan a nitratos. Su presencia en aguas superficiales y subterráneas es casi nula, con una concentración menor de 0,1 mg/l (Rojas, 2009). Los nitritos también pueden formarse químicamente en las tuberías cuando existe un estancamiento del agua por las bacterias Nitrosomonas, estas transforman el amonio a nitrito (Organización Mundial de la Salud, 2011).

1.3.4 Nitratos. Los nitratos son el producto final de la descomposición del nitrógeno orgánico, por tanto, su presencia en el agua indica una contaminación fecal a largo plazo por tratarse de la forma oxidada del amonio. Concentraciones superiores a los 10 mg/l pueden ocasionar metahemoglobinemia infantil (llamada enfermedad de los niños azules), que imposibilita el transporte de oxígeno en sangre al ser transformada en nitritos en el tracto gastrointestinal (Barreto, 2015).

El uso de estiércol y fertilizantes artificiales nitrogenados en conjunto con las lluvias, han ocasionado la contaminación de fuentes de agua cercanas y consecuentemente al aumento de nitratos. Es necesario proteger las fuentes de agua de toda actividad agrícola y ganadera con el fin de preservar la calidad del agua que va a ser tratada para el consumo humano (Rojas, 2009).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

1.4 Características microbiológicas

El agua de consumo humano debe estar libre de bacterias, parásitos y virus, sustancias nocivas o tóxicas, y cumplir con normas microbiológicas establecidas (Chulluncuy, 2011).

La garantía de inocuidad microbiana de las plantas de tratamiento se basa en la aplicación de múltiples barreras con la finalidad de impedir la contaminación del agua de consumo humano o reducirla hasta niveles que no sean perjudiciales para la salud. Al hablar de múltiples barreras se incluyen medidas de protección de los recursos hídricos, correcta operación de plantas de tratamiento y mantenimiento de las redes de distribución para mantener y proteger la calidad del agua (Organización Mundial de la Salud, 2011).

Para obtener una estimación de la calidad del agua se deben efectuar análisis en busca de especies de microorganismos indicadores de la contaminación. Los indicadores fecales se han utilizado durante décadas como un criterio de calidad del agua para predecir el potencial microbiano o, por el contrario, como una garantía de calidad (Robles, 2011).

1.4.1 Bacterias. Son microorganismos unicelulares que se dividen por fisión binaria, su tamaño varía de entre 0,2 y 10 μm de diámetro. Su forma puede ser esférica (cocos), bastón (bacilos) o espiral (espirilos). Son generalmente el grupo de patógenos más sensible a la inactivación por desinfección. Algunos patógenos de vida libre como *Legionella* pueden proliferar en el agua, pero las de origen entérico normalmente no están presentes en el agua y sobreviven durante periodos más cortos que virus y protozoos (Organización Mundial de la Salud, 2011; Tacuri & Vintimilla, 2012).

El grupo coliforme se utiliza como indicador para medir la calidad del agua.

- *Coliformes totales.* Este grupo está formado por bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gramnegativas, no formadoras de esporas y con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido a 35°C en un tiempo de 24 a 48 horas. En este grupo se puede mencionar *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Serratia* y *Klebsiella* (Larrea, Rojas, Romeu, Rojas, & Heydrich, 2013). Además de su presencia en la materia fecal, estas especies están presentes en el suelo y vegetación; por tanto, su presencia no indicaría precisamente contaminación fecal, pero de encontrarse en agua tratada, son un indicativo de un tratamiento inadecuado (Gomezcoello & Machuca, 2017; Larrea et al., 2013).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- *Coliformes fecales*. Los coliformes fecales (termotolerantes) son todos los bacilos cortos que difieren del grupo coliforme total por su capacidad para crecer a una temperatura de entre 44 y 45°C. Abarca los géneros *Escherichia*, algunas especies de *Klebsiela*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. De ellos solo *E. coli* es específicamente de origen fecal y se encuentra siempre en las heces de humanos, otros mamíferos y un gran número de aves (Conagua, 2007).

Tanto los coliformes totales como los fecales son eliminados mediante la desinfección. La filtración rápida elimina aproximadamente el 80% de bacterias coliformes, mientras que la filtración lenta logra niveles de potabilidad (Conagua, 2007).

En la tabla 1 se indican los valores permisibles para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos por la norma INEN 1108:2014, INEN 1108:2006 y por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Tabla 1. Valores de referencia de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para el agua de consumo humano.

Parámetros	Unidad	Límite máximo permitido INEN 1108:2014	Límite máximo permitido Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano
Características físicas			
Color	(Pt-Co)	15	15
Turbiedad	NTU	5	5
pH	-----	6.5 – 8 ^(a)	6.5 - 8.5
Características químicas			
Cloro libre residual	mg/l	0.3 – 1.5 ⁽¹⁾	0.5 - 5 ⁽¹⁾
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3	3
NTU: Unidad nefelométrica de turbiedad (a) Obtenido de la norma INEN 1108:2006 (1) Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.			
Requisitos microbiológicos			
Coliformes totales.	UFC/100ml a 35°C	<2 ^(a) *	<1,8 ***
Coliformes fecales.	UFC/100ml a 44,5°C	<1,1 **	<1,8 ***
UFC: Unidad formadora de colonia. * <2 Significa que al analizar por la técnica del NMP por tubos múltiple ningún tubo es positivo. ** <1,1 Significa que al analizar por la técnica del NMP por tubos múltiple ningún tubo es positivo. ***<1,8 Significa que al analizar por la técnica del NMP por tubos múltiple ningún tubo es positivo.			



UNIVERSIDAD DE CUENCA

1.5 Calidad del agua

El término calidad hace referencia a aquella agua exenta de sustancias, ya sea suspendidas, disueltas o microorganismos capaces de generar algún daño al ser humano cuando esta sea consumida. Para poder garantizar la calidad del agua, se deben seguir ciertas medidas de control, que van desde la captación hasta el almacenamiento, como son: limpieza continua, protección de la fuente de agua, control en el proceso de tratamiento, adecuado almacenamiento y mantenimiento de una concentración residual de desinfectante, por lo que el agua siempre será sometida a procesos de vigilancia, control y análisis (Fenner, 2017; Rojas, 2009).

La calidad del agua es un factor determinante en la salud de las poblaciones, las características que posea va a depender mucho de la prevención o de la transmisión de enfermedades (Briñez A, Guarnizo G, & Arias V., 2015).

Se conoce que más de 2.2 millones de personas mueren al año por enfermedades relacionadas con el uso de agua contaminada (Hiriart, 2013). Sin embargo, no depende solo de la presencia de microorganismos patógenos, sino también de la susceptibilidad del huésped y de la carga infecciosa que exista en el agua (Larrea et al., 2013).

El agua es uno de los vehículos usados por los microorganismos para transmitir enfermedades al individuo, siendo los más importantes, aquellos que habitan en el tracto gastrointestinal causando diarreas severas, originadas por factores como: falta de higiene, mal tratamiento del agua, mala conservación, etc., que pueden desencadenar una epidemia. Entre los microorganismos que pueden causar enfermedades están: parásitos (amebiasis, giardiasis), virus (Hepatitis infecciosa) y bacterias (salmonelosis, cólera), siendo las bacterias coliformes y enterobacterias, el grupo bacteriano más importante, debido a que cumple con las características de bioindicador de calidad del agua (Organización Mundial de la Salud, 2011, 2015; Ríos, Agudelo, & Gutiérrez, 2017).

1.6 Proceso de tratamiento del agua en la parroquia San Martín de Puzhío

En 1998, se estableció un convenio con la organización CARE (Cooperative for Assistance and Relief Everywhere) para brindar un servicio de agua tratada en la parroquia San Martín de Puzhío. Esta organización impulsó el proyecto hasta el año 2000 implementando un sistema de captación con protección de las fuentes, una planta de tratamiento, tanques de almacenamiento, red de distribución y desarrolló además la organización de un sistema de administración del agua que actualmente dirige la Junta



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Administrativa (PODT, 2015). Los pasos para el tratamiento del agua en la parroquia San Martín de Puzhío son:

1.7.1 Captación: El efluente para la captación del agua lo constituye un arroyo, el cual se encuentra ubicado en la parte alta de la parroquia, a una distancia aproximada de 12 kilómetros desde la planta de tratamiento. Para llegar al lugar, es necesario realizar una caminata de alrededor de 3 horas. El operador acude a la zona de captación generalmente los días lunes y realiza trabajos de limpieza para retirar material orgánico como palos, raíces y hojas que se encuentren atascados en cedazos plásticos. El agua es dirigida a la planta a través de tuberías de Policloruro de vinilo (PVC), la presión del agua es regulada mediante 7 sistemas rompe presiones elaborados de hormigón cerrados por una cubierta de metal, con la finalidad de disminuir la presión hidrostática para evitar daños en la tubería, una vez atravesada estos 7 sistemas, el agua llega a la planta para su tratamiento.



Fotografía 1. Lugar de captación

Fuente: Autores

1.7.2 Desinfección. La NTE INEN 1108:2014 define a la desinfección como “Proceso de 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”. Por lo general, es el último proceso de tratamiento del agua y consiste en la destrucción selectiva de los organismos potencialmente infecciosos. Esto significa que no todos los organismos patógenos son eliminados en este proceso, por lo que se requieren procesos previos como la coagulación, sedimentación y filtración para su eliminación total (Chulluncuy, 2011).

UNIVERSIDAD DE CUENCA

El cloro es el agente desinfectante más importante, debido a su carácter oxidante, penetra en la membrana celular, inhibe el metabolismo de la glucosa y, por tanto, provoca la muerte del organismo, especialmente de origen entérico. Además de actuar como desinfectante, la adición de cloro clarifica y mejora el sabor del agua (Barrenechea & De Varga, 2004; Falconí, 2009).

En la parroquia San Martín de Puzhío el agua llega a la planta de tratamiento con un caudal de 8 litros por segundo (l/s) y es sometida inmediatamente al proceso de desinfección. Se usa como agente desinfectante hipoclorito de sodio obtenido mediante electrólisis de sal común utilizando el equipo Clorid L-30. En este equipo se disuelve 1 kg de sal común con treinta litros de agua, se enciende el equipo y se deja actuar por 24 horas.

Luego de 24 horas, el operador apaga el equipo y coloca en el tanque hipoclorador 10 litros de la solución obtenida y 270 litros de agua tratada. La dosificación se realiza por goteo y tiene una duración de 24 horas hasta que sea necesario cargar nuevamente el tanque hipoclorador.



Fotografía 2. Caseta de cloración

Fuente: Autores



Fotografía 3. Equipo Clorid L-30

Fuente: Autores

1.7.3 Distribución. Finalmente, el agua tratada pasa a 2 tanques de almacenamiento, el primero de 133 m³ ubicado en la planta de tratamiento que distribuye el líquido vital a los sectores de Buena Vista, Centro, Buenos Aires, Toctepamba y Quicud. El segundo tanque de almacenamiento de 30 m³ ubicado en Sisapamba se encarga de la distribución a este sector y al de Joyapa. Las tuberías de las redes de distribución son de Policloruro de vinilo (PVC), a lo largo de las cuales se encuentran instalados 13 sistemas rompe presiones para evitar la rotura de tuberías.



Fotografía 4. Tanque de almacenamiento de planta de tratamiento.

Fuente: Autores



Fotografía 5. Tanque de almacenamiento ubicado en Sisapamba.

Fuente: Autores

En la figura 1 se puede observar la diferencia entre un proceso de potabilización del agua adecuado frente a el proceso de tratamiento de la parroquia San Martín de Puzhio.



Figura 1. Sistema de potabilización del agua vs sistema de tratamiento del agua en la parroquia San Martín de Puzhio.



2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

Se realizó un estudio observacional de tipo descriptivo y de corte transversal.

2.2 Área de estudio

El estudio fue realizado en la parroquia San Martín de Puzhío perteneciente al cantón Chordeleg (Anexo A). La Junta Administrativa del Agua de San Martín de Puzhío provee el agua y actualmente cuenta con 290 medidores instalados, los cuales están distribuidos en los diferentes sectores de la parroquia (PODT, 2015).

2.3 Universo y tamaño de la muestra

La parroquia San Martín de Puzhío está dividida en 7 sectores (Tabla 2) (Anexo B): Centro, Quicud, Yojapa, Sisapamba, Toctepamba, Buena Vista y Buenos Aires. Se realizó un muestreo aleatorio estratificado, obteniéndose de esta manera el número de muestras por sector en base al número de medidores, para lo cual se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{\delta^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (1)$$

(Galarza & Zaldumbide, 2017; Ñauñay, 2010)

Donde:

n: tamaño muestra

Z: valor correspondiente a la distribución de Gauss, representa el nivel de confianza o seguridad en estimar el parámetro real del universo, para un nivel de significancia del 95%=1.96

N: tamaño de la población que es igual a 290

p: prevalencia esperada del parámetro a evaluar 0.5

q: q = p

δ = es el error que por lo general es del 10% que es igual al 0.1 (Ñauñay, 2010)

$$n = \frac{290 * (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}{(0.1)^2 * (290 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5} = 72.3 \text{ muestras} = 72 \text{ muestras}$$



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Se determinó el porcentaje de medidores que representa cada sector con la siguiente fórmula:

$$\% = \frac{Nt}{N} \frac{100}{1} \quad (2)$$

(Galarza & Zaldumbide, 2017)

Donde:

Nt: Número total de medidores

N: Número de medidores por sector

Para obtener el número de medidores a muestrear por cada sector se aplicó la siguiente fórmula:

$$N = \frac{100\% n}{\% X} \quad (3)$$

(Galarza & Zaldumbide, 2017)

Donde:

n: Tamaño de muestra

?: Porcentaje que representa cada sector con respecto al total de medidores

Tabla 2. Número de muestras por sector.

Barrio	Número de medidores	Número de muestras por sector
Sector Quicud	25	6
Sector Joyapa	47	12
Centro de Puzhío	98	24
Sector Buena Vista	56	14
Sector Sisapamba	23	6
Sector Toctepamba	17	4
Sector Buenos Aires	24	6
		Total= 72

2.4 Muestreo

El estudio se realizó en un periodo de 8 semanas, comprendidas entre noviembre del 2018 - enero del 2019, y se realizaron dos análisis con la finalidad de garantizar que los resultados obtenidos muestren concordancia. El primer análisis fue realizado durante el primer mes, y después de una semana se realizó el segundo análisis. Las muestras fueron tomadas de la planta de tratamiento y de los inmuebles de los diferentes sectores, dividiéndose de la siguiente manera para el primer y segundo análisis:



Tabla 3. Número de muestras analizadas.

Primer análisis (4 semanas)		Segundo análisis (4 semanas)		Total de muestras a analizar
Muestras	Total	Muestras	Total	
Agua cruda	8	Agua cruda	8	16
Agua tratada	8	Agua tratada	8	16
Agua de inmuebles	72	Agua de inmuebles	72	144
Total	88	Total	88	176

En cada día de muestreo (lunes y miércoles) se tomaron 9 muestras de los inmuebles y en la planta de tratamiento se tomó una muestra de agua cruda y una muestra de agua tratada. Todas las muestras se analizaron por duplicado tanto para el análisis físico-químico y microbiológico.

2.5 Toma de muestra

Las muestras fueron tomadas en frascos estériles de polietileno de 150 ml. En cada punto de muestreo se tomaron dos muestras, una para el análisis físico-químico y otra para el análisis microbiológico (envase estéril).

Para la toma de muestras de agua cruda de la planta y agua de los inmuebles, se desinfectó la llave de agua con alcohol al 70%, se dejó correr el agua por 2 a 3 minutos y se procedió a la recolección. Las muestras de agua tratada de la planta fueron tomadas directamente del tanque de almacenamiento con la ayuda de una cuerda previamente desinfectada con alcohol al 70%. En el caso de las muestras de agua tratada para el análisis microbiológico, se procedió a adicionar 0,1 ml de tiosulfato de sodio al 3% por cada 100 ml de agua con el objetivo de neutralizar el efecto bactericida del cloro libre residual (APHA/WEF/AWWA, 1989; Varó & Segura, 2009).

Los frascos fueron etiquetados con el nombre del sector, fecha y tipo de análisis (físico-químico o microbiológico). Por último, las muestras fueron colocadas y transportadas en un Cooler con hielo a 4°C hasta el Laboratorio de Análisis de Aguas de la Universidad de Cuenca, ubicado en el campus Balzay (APHA/WEF/AWWA, 1989; Varó & Segura, 2009). El cloro libre residual fue el único parámetro que se determinó *in situ*, para lo cual se empleó el colorímetro HACH DR 890.

2.6 Materiales, equipos y reactivos

Materiales	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Tubos Nessler. • Tubos tapa rosca. • Celdas de lectura. • Pipetas estériles. • Campanas Durham. • Lámpara de alcohol. • Gradillas. • Asa para cultivo. • Vasos de precipitación. • Varillas de vidrio. • Frascos de polietileno 150 ml. 	<ul style="list-style-type: none"> • Colorímetro Orbeco Hellige Agua tester. • Potenciómetro BOECO Germany BT 600. • Turbidímetro HACH 2100 P. • Equipo HACH DR 890. • Equipo HACH DREL 2800. • Estufa Memmert. • Autoclave GLOWS LS-1. • Refrigerador Indurama Panorámico. • Balanza BOECO Germany BWL 61. 	<ul style="list-style-type: none"> • DPD Free Chlorine Reagent. • Nitraver 3 Nitrite Reagent. • Nitraver 5 Nitrate Reagent. • Caldo lauril sulfato. • Medio Bilis verde brillante. • Medio SIM. • Reactivo de Kovacs. • Tiosulfato de Sodio 3%.

2.7 Métodos y técnicas de los parámetros físicos

2.7.1 Determinación de color. Método de comparación visual

La determinación de color se realizó por comparación visual de la muestra con concentraciones conocidas de soluciones coloreadas. El método patrón de medida de color es el cobalto-platino, siendo la unidad de color el producido por 1 mg de platino/L en forma de ion cloroplatinato. Los discos de comparación tienen escala de 0-50 Pt-Co, si el color es mayor, es necesario hacer diluciones (APHA/WEF/AWWA, 1989). El procedimiento se observa en la figura 2.



Figura 2. Determinación de color.
(Fuente los autores)

2.7.2 Determinación de pH

La medida del pH indica la tendencia que posee el agua para ser ácida o alcalina. Se utilizó el método potenciométrico, el cual se basa en la medida de la actividad de los iones hidrógeno. El equipo posee 2 electrodos, uno de referencia que mantiene un potencial constante y otro electrodo indicador de vidrio, que genera una corriente eléctrica por la actividad del ion Hidrógeno presente en el agua. La corriente se transforma fácilmente en unidades de pH. El valor de pH obtenido es directamente proporcional a la temperatura (APHA/WEF/AWWA, 1989). El procedimiento se observa en la figura 3.



Figura 3. Determinación de pH.
(Fuente: Los autores)

2.7.3 Determinación de turbiedad

Se determinó mediante el método nefelométrico, que se basa en la medida de la intensidad de la luz que dispersa una muestra de agua en comparación con la intensidad de la luz que dispersa una muestra patrón, analizados bajo idénticas condiciones. La luz dispersada es recogida sobre una célula fotoeléctrica provocando una corriente eléctrica en función de su intensidad, y por lo tanto en función del grado de turbiedad de la muestra (HACH, 2013). El procedimiento se observa en la figura 4.



Figura 4. Determinación de turbiedad.
(Fuente: Los autores)

2.8 Métodos y técnicas de los parámetros químicos

2.8.1 Determinación de nitratos

Se utilizó el reactivo de nitratos llamado NITRAVER 5 Nitrate Reagent, el cual contiene cadmio metálico, este reduce a nitrito el nitrato presente en la muestra. El nitrito producido, en medio ácido, reacciona con ácido sulfanílico formando una sal intermedia de diazonio. Esta sal reacciona con el ácido géntísico cuyo resultado final es un producto de color ámbar (HACH, 2013). El procedimiento se observa en la figura 5.

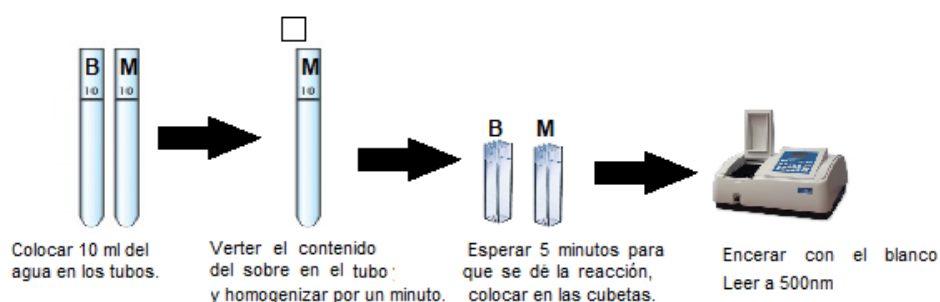


Figura 5. Determinación de nitratos.
(Fuente: Los autores)

2.8.2 Determinación de nitritos

Se utilizó el reactivo de nitritos llamado NITRIVER 3 Nitrite Reagent, el cual contiene ácido sulfanílico, este se une al nitrito presente en la muestra, formando una sal de diazonio intermedia, que luego reaccionara con el ácido cromotrópico para producir un complejo de color rosa directamente proporcional a la cantidad de nitrito presente (HACH, 2013). El procedimiento se observa en la figura 6.

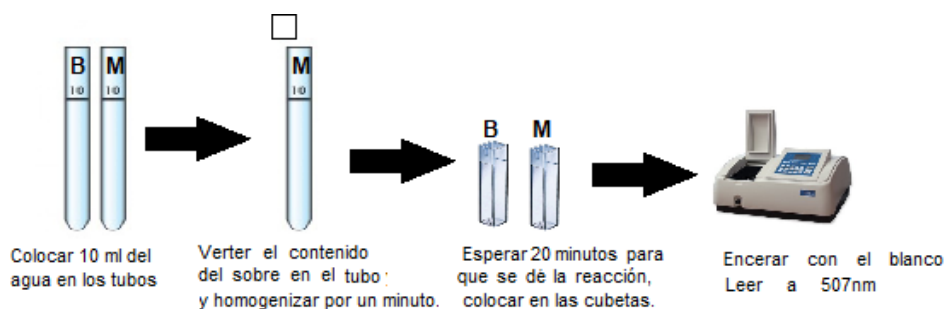


Figura 6. Determinación de Nitritos.
(Fuente: Los autores)

2.8.3 Determinación de cloro libre residual

Se realizó mediante el método N,Ndietyl-p-fenilenediamina (DPD). En el agua el cloro se encuentra en forma de ácido hipocloroso o como ion hipoclorito estas formas presentes del cloro reaccionan con el DPD para formar un color magenta que es proporcional a la concentración de cloro. Este análisis se debe realizar durante los primeros treinta minutos de haber recolectado la muestra (HACH, 2013). El procedimiento se observa en la figura 7.



Figura 7. Determinación de cloro libre residual.
(Fuente: Los autores)

2.9 Técnica analítica para la determinación de coliformes totales y fecales por tubos múltiples mediante el Número más probable (NMP)

El método del Número más probable (NMP), mediante la técnica de tubos múltiples, se basa en la capacidad que tienen las bacterias coliformes de fermentar la lactosa con producción de gas (CO_2) al ser incubadas a $35^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$ durante 24 a 48 horas, utilizando volúmenes decrecientes de la muestra sin diluir (10 ml, 1 ml y 0,1 ml) en un medio lactosado. Esta determinación consta de dos fases, la fase presuntiva y la fase confirmativa (APHA/WEF/AWWA, 1989; Rodier, Legube, & Merlet, 2011). En la *fase presuntiva*, las muestras se inoculan en caldo Lauril sulfato, los tubos son incubados a 35°C por 24 a 48 horas, la producción de gas y la presencia de turbiedad indican presencia de coliformes totales. En la *fase confirmatoria* los tubos positivos de la fase presuntiva se inoculan en caldo Bilis Verde Brillante (BGBL), se incuban a una temperatura de $45^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ de 24 a 48 horas, la producción de gas indica la presencia de coliformes fecales. La *prueba del indol* confirma la presencia de coliformes fecales a partir de todos los tubos positivos de la fase presuntiva, estos se inoculan en medio SIM, se incuban a $37^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 horas. La prueba se considera positiva si al adicionar 2 o 3 gotas del reactivo de Kovacs o Ehrlich se produce un anillo rojo cereza (APHA/WEF/AWWA, 1989; Castañeda, 2012). El procedimiento se observa en la figura 8.

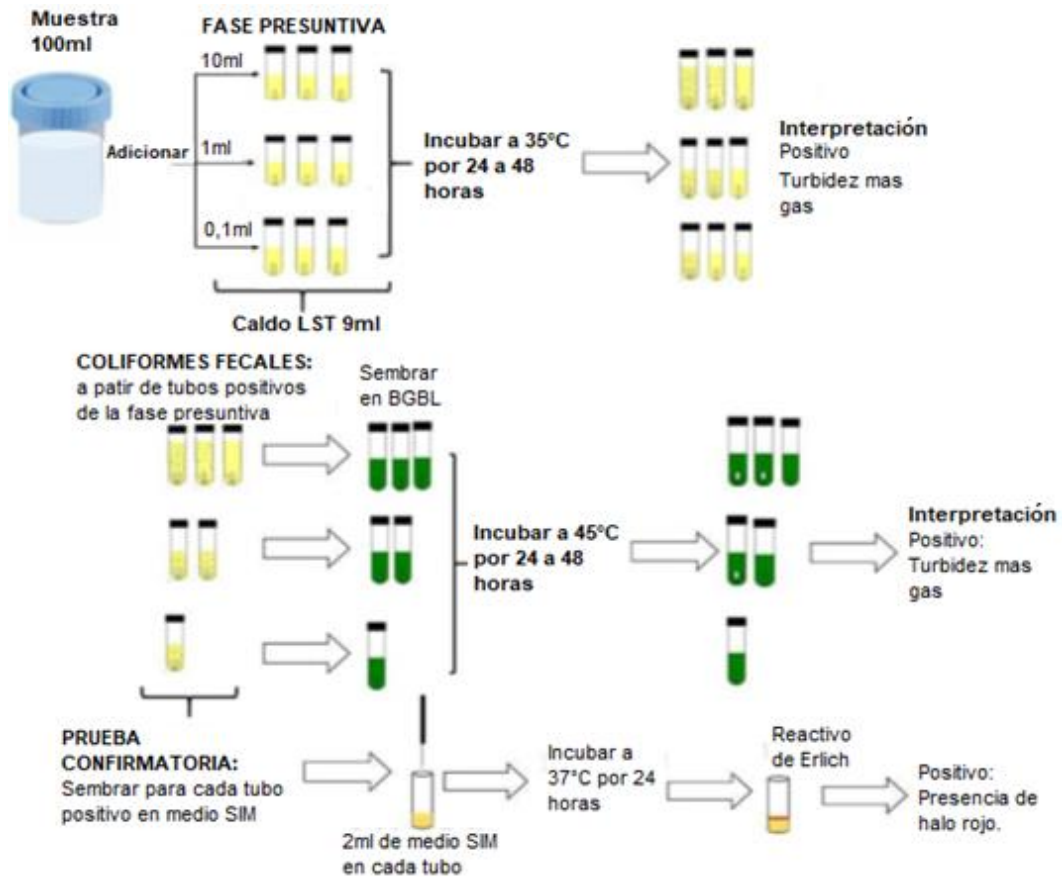


Figura 8. Determinación de coliformes totales y fecales por el NMP.
(Fuente: Los autores)

Los resultados se expresan de acuerdo con el número de tubos positivos obtenidos en las pruebas confirmatorias para coliformes totales y fecales. Se establece un código de tres cifras, se calcula el valor de Número más probable (NMP) según la Tabla de interpretación de resultados para NMP (Anexo C) y se lee directamente el número más probable de bacterias por 100 ml (NMP/100ml).

2.9 Análisis estadístico

Se aplicó estadística descriptiva y se calculó medidas de tendencia central (media, desviación estándar, máximos y mínimos) utilizando el programa SPSS (Statistical Product and Service Solutions). Para una mejor interpretación de resultados se emplearon gráficas en columnas con ayuda del programa Excel 2017. Además, para evaluar la diferencia entre sectores se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con un nivel de significancia de $p < 0,05$ para todos los análisis, de la misma manera se empleo la prueba de U de Mann-Whitney para agua de la planta de tratamiento.



3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda y de la planta de la parroquia San Martín de Puzhío, cantón Chordeleg

El estudio se realizó en el laboratorio de Análisis de Aguas de la Universidad de Cuenca “Campus Balzay”. Se tomaron un total de 16 muestras de agua cruda y 16 muestras de agua de la planta. En las cuales se analizaron los parámetros físico-químicos: color, pH, turbiedad, nitratos, nitritos, cloro libre residual y parámetros microbiológicos: coliformes totales y fecales. Ver tabla de resultados en el anexo D. De los resultados obtenidos se calcularon media, desviación estándar, máximos y mínimos de cada uno de los parámetros ya mencionados.

En la tabla 4 se observa que la desviación estándar, tanto para coliformes totales y coliformes fecales, es mayor a la media indicando valores heterogéneos de contaminación que presenta el agua cruda durante el análisis, es decir que se observó diferentes niveles de contaminación durante los meses de estudio. Esto puede deberse a múltiples factores como aumento en la contaminación fecal, lluvia, entre otros, que son factores que no se pueden controlar.

Tabla 4. Parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua cruda y agua de la planta.

		Color (Pt-Co)	Turbiedad (NTU)	pH	Cloro residual (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)
Agua Cruda	X±DE	19.37±12.85	0.77±0.39	7.16±0.09	-----	0.005±0.0075	0.35±0.54	98±155.5	48.6±115
	Max-Min	40-5	1.89-0.39	7.31-6.96	-----	0.025-0	2.25-0	460-0	460-0
Agua de la planta	X±DE	15.93±12.40	0.69±0.36	7.17±0.16	0.024±0.01	0.004±0.005	0.38±0.59	14.87±36.62	2.5±5.55
	Max-Min	40-5	1.53-0.31	7.69-6.94	0.05-0	0.02-0	2-0	150-0	21-0

Al comparar el valor promedio de los parámetros físicos (turbiedad) y químicos (pH, nitritos, nitratos) de la tabla 4 correspondientes al agua tratada, cumple con los valores permitidos. El color y el cloro libre residual no cumplen con los límites establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua de Consumo Humano y por la norma INEN 1108:2014, por último, se evidenció la presencia de coliformes fecales y coliformes totales.

La prueba U de Mann-Whitney para pH, turbiedad, cloro libre residual, nitritos y nitratos no es significativa ($p > 0,05$) indicando que no hay diferencia entre las medias de agua cruda frente a agua tratada. Ver anexo E.

UNIVERSIDAD DE CUENCA

A continuación, en la gráfica 1 puede observarse de acuerdo al promedio semanal, con qué nivel de color ingresa el agua cruda a la planta y luego del tratamiento de desinfección a qué nivel llega.

La prueba U de Mann-Whitney para color no es significativa ($p > 0,05$) (ver anexo E), indicando que no hay diferencias entre las medias de agua cruda y agua de la planta. Como se mencionó anteriormente, el agua cruda no es sometida a un completo proceso de potabilización, lo cual podría explicar que los niveles de color no varíen frente a los de agua tratada.

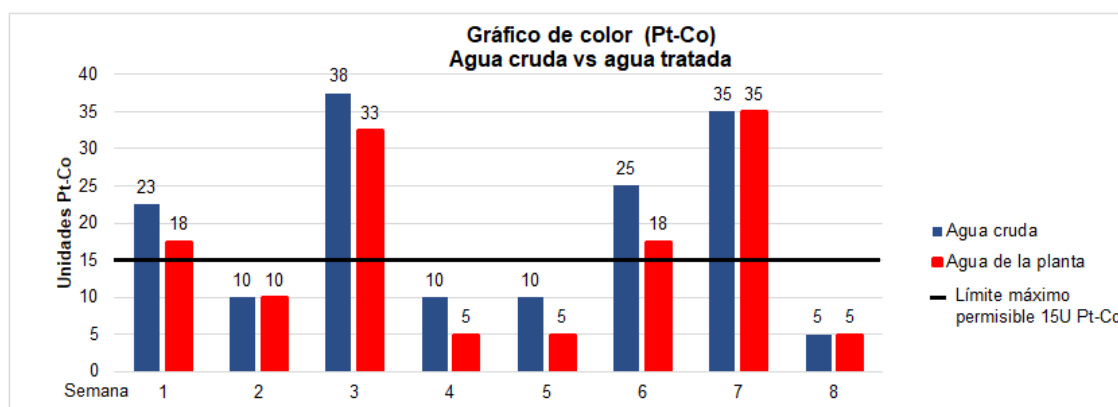


Gráfico 1. Promedio semanal del color en el agua cruda y agua tratada.

En las gráficas 2 y 3 puede observarse de acuerdo al promedio semanal, con qué nivel de coliformes totales y coliformes fecales entra el agua cruda a la planta y luego del tratamiento de desinfección a qué nivel llega. En las ocho semanas del estudio se obtuvo recuentos variables de coliformes totales y coliformes fecales en el agua cruda.

La prueba U de Mann-Whitney para coliformes fecales no es significativa ($p > 0,05$); mientras que para coliformes totales se encontró diferencia estadística ($p: 0,026$). Ver anexo E. El grado de contaminación microbiológica puede depender de factores como época invernal y contaminación con heces de animales.

Comparando los resultados del agua de la planta con los obtenidos al analizar el agua cruda, se evidenció que el agua cruda ingresa a la planta con una alta concentración de coliformes totales y en menor medida coliformes fecales, luego de su tratamiento la concentración disminuye considerablemente; sin embargo, la cantidad de cloro añadida parece no ser suficiente para eliminar toda la carga microbiana demostrando la inefectividad del proceso de desinfección.

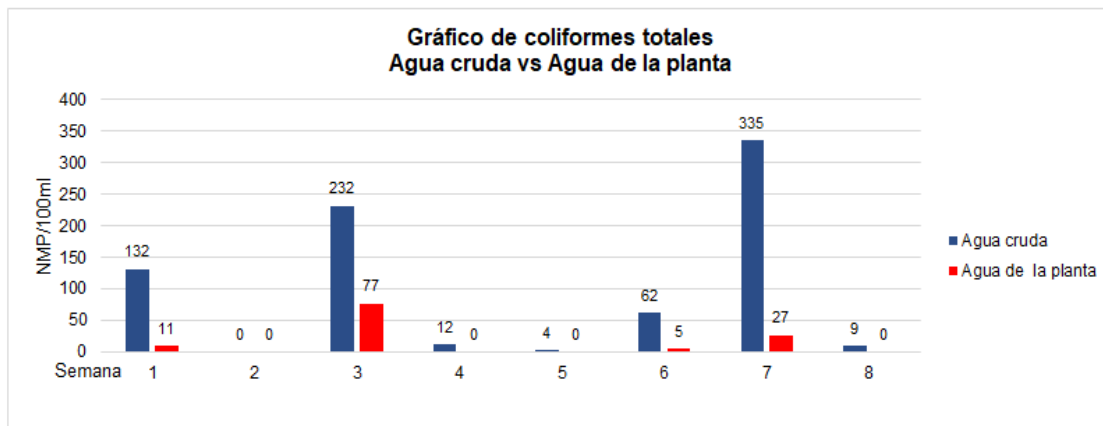


Gráfico 2. Promedio semanal de coliformes totales en agua cruda y agua de la planta.

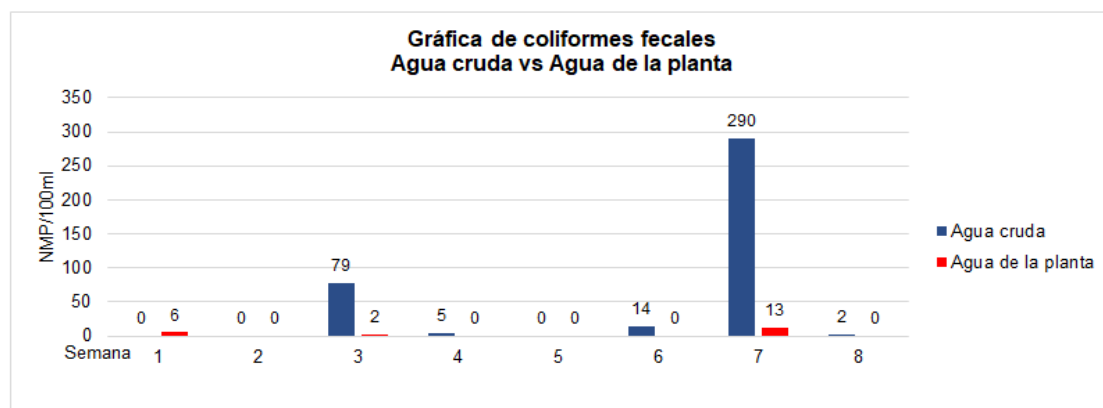


Gráfico 3. Promedio semanal de coliformes fecales en agua cruda y agua de la planta.

3.2 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los inmuebles de la parroquia San Martín de Puzhío, cantón Chordeleg

Para evaluar la calidad del agua que llega a los usuarios, se analizó un total de 144 muestras provenientes de los inmuebles de las comunidades: Centro de Puzhio, Buenas Vista, Joyapa, Quicud, Buenos Aires, Sisapamba y Toctepamba. Ver tabla de resultados en el anexo D.



Tabla 5. Parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de los inmuebles.

		Color (Pt-Co)	Turbiedad (NTU)	pH	Cloro residual (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)
Centro n=48	X±DE	15.93±9.98	0.77±0.29	7.15±0.16	0.02±0.01	0.002±0.005	0.28±0.28	22.83±48.11	11,95±34.61
	Max-Min	40-5	1.59-0.19	7.42-6.63	0.045-0	0.022-0	1.25-0	240-0	210-0
Buena Vista n=28	X±DE	14.10±8.86	0.62±0.31	7.15±0.15	0.016±0.01	0.001±0.001	0.27±0.45	21.60±46.74	9.96±22.92
	Max-Min	35-5	1.61-0.3	7.43-6.82	0.04-0	0.009-0	1.85-0	210-0	75-0
Joyapa n=24	X±DE	13.54±8.83	0.74±0.41	7.15±0.11	0.02±0.01	0.001±0.002	0.21±0.21	25.5±46.35	19.20±42.61
	Max-Min	30-5	2.06-0.30	7.33-6.9	0.05-0	0.01-0	0.75-0	150-0	150-0
Quicud n=12	X±DE	22.91±12.32	0.81±0.23	7.20±0.14	0.016±0.01	0.004±0.008	0.48±0.42	77.33±68.99	32.75±53.13
	Max-Min	40-10	1.14-0.30	7.39-6.98	0.045-0	0.03-0.001	1.1-0	150-0	150-0
Buenos Aires n=12	X±DE	18.33±12.13	0.79±0.50	7.23±0.17	0.02±0.01	0.001±0.001	0.20±0.18	29.25±49.25	5.41±7.97
	Max-Min	35-5	2.28-0.3	7.49-6.87	0.04-0	0.003-0.01	0.6-0	150-0	23-0
Sisapamba n=12	X±DE	13.25±8.28	0.57±0.20	7.13±0.31	0.017±0.01	0.009±0.02	0.59±0.58	27.91±45.53	12.25±20.86
	Max-Min	30-5	0.86-0.3	7.32-6.17	0.045-0	0.09-0	1.95-0	150-0	75-0
Toctepamba n=8	X±DE	12.5-6.12	0.56±0.13	7.09±0.12	0.016±0.01	0.003±0.002	0.4±0.41	21.25±48.84	23.25±40.27
	Max-Min	25-5	0.90-0.46	7.3-6.93	0.04-0	0.008-0.001	1.25-0.05	150-0	93-0

Al comparar el valor promedio de los parámetros físicos (turbiedad) y químicos (pH, nitritos, nitratos) de la tabla 5 correspondiente al agua de inmuebles de todos los sectores, frente a los requisitos establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua de Consumo Humano y por la norma INEN 1108:2014, cumplen con los límites establecidos. En cuanto al color, sectores como Centro, Quicud y Buenos Aires superaron el límite máximo establecido. La desviación estándar en todos los sectores es alta, y aunque no supera a la media es indicativa de variación de datos. El cloro libre residual en todos los sectores no cumple con el límite establecido. En este caso, la mínima desviación estándar indica poca variación de datos, encontrándose valores bajos de cloro libre residual durante todo el análisis. El análisis microbiológico del agua de inmuebles determinó la presencia de coliformes totales y coliformes fecales en todos los sectores.

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para pH, turbiedad, cloro libre residual, nitritos y nitratos no es significativa ($p > 0,05$) (Ver anexo E), indicando que no hay diferencia entre las medias de los 7 sectores analizados.

Con respecto al cloro libre residual los valores obtenidos no cumplen con el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano y con la norma INEN 1108:2014. El



UNIVERSIDAD DE CUENCA

principal motivo del incumplimiento es la mala dosificación del hipoclorito de sodio que da como consecuencia que la concentración de cloro libre residual sea mínima y por lo tanto no ejerza su acción desinfectante. Además, al existir una concentración de 0.024 mg/l de cloro libre residual en agua de la planta se justifica que en los inmuebles su concentración sea insuficiente dando lugar a contaminación microbiológica.

A continuación, en el gráfico 4 puede observarse de acuerdo al promedio semanal, el nivel de color obtenido en los inmuebles. Se observa que en algunos de los casos no cumplen con el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano y por la norma INEN 1108:2014.

El incumplimiento se observa principalmente en las semanas 1, 3, 6 y 7, hecho que se atribuye a la presencia de lluvias y a la ausencia de un proceso de filtración del agua que llega a la planta antes de ser sometida a desinfección, proceso recomendado para plantas de tratamiento con una fuente de agua superficial en zonas rurales (Ramírez, 2011). Además, este incumplimiento pudo haberse debido al incorrecto lavado de tanques de almacenamiento y a la antigüedad de las tuberías.

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para color no es significativa ($p > 0,05$), indicando que no hay diferencia entre las medias de los 7 sectores analizados

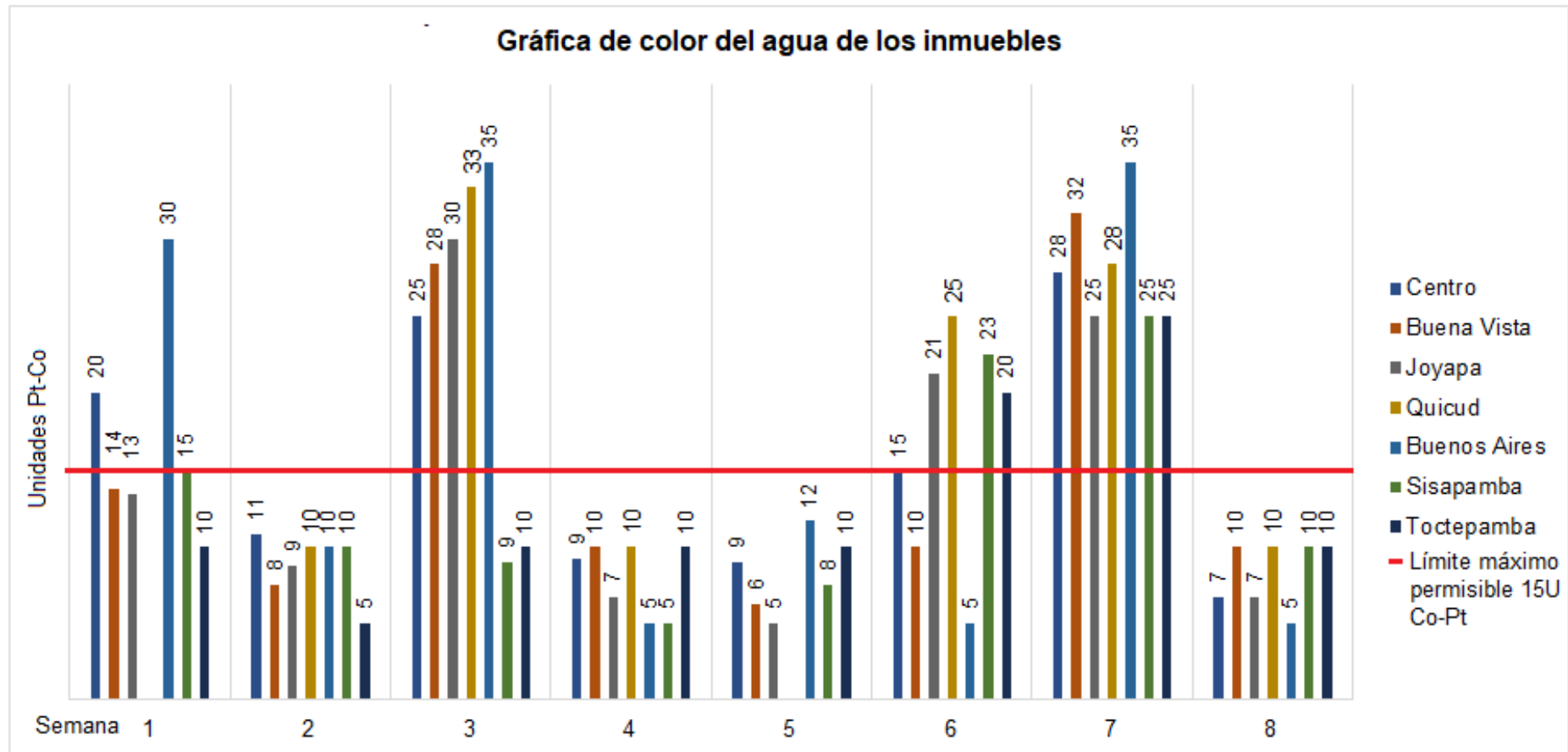


Gráfico 4. Promedio semanal de color en agua de los inmuebles.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

A continuación, en el gráfico 5 y 6 puede observarse de acuerdo al promedio semanal, la presencia de coliformes totales y coliformes fecales.

El incumplimiento se observa principalmente en las semanas 1, 3, 6 y 7; hecho que se atribuye a la época invernal y al incorrecto tratamiento del agua que llega a la planta. Estos resultados tienen una relación directa con los bajos niveles de cloro libre residual detectados, en este caso, el cloro libre residual no ejercería correctamente su efecto desinfectante y residual. Además de esto, la frecuencia del lavado de tanques y daños en las tuberías contribuye a la proliferación y multiplicación de microorganismos.

Se puede observar que el sector Quicud presenta los mayores niveles de contaminación microbiológica debido a que es el sector más alejado de la planta de tratamiento (Anexo B).

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para coliformes totales y coliformes fecales no es significativa ($p > 0,05$), indicando que no hay diferencia entre las medias de los 7 sectores analizados. (Ver anexo E)

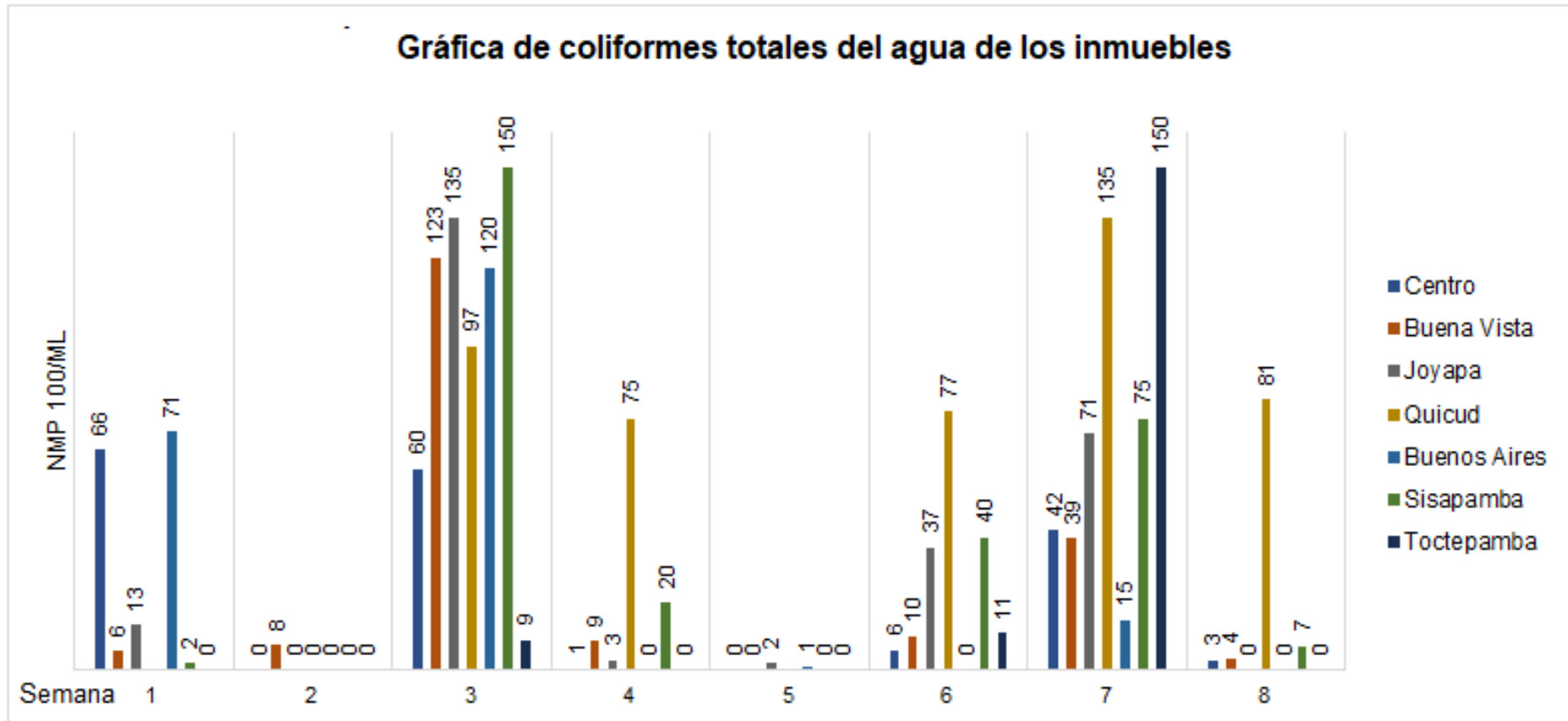


Gráfico 5. Promedio semanal de coliformes totales en agua de los inmuebles.

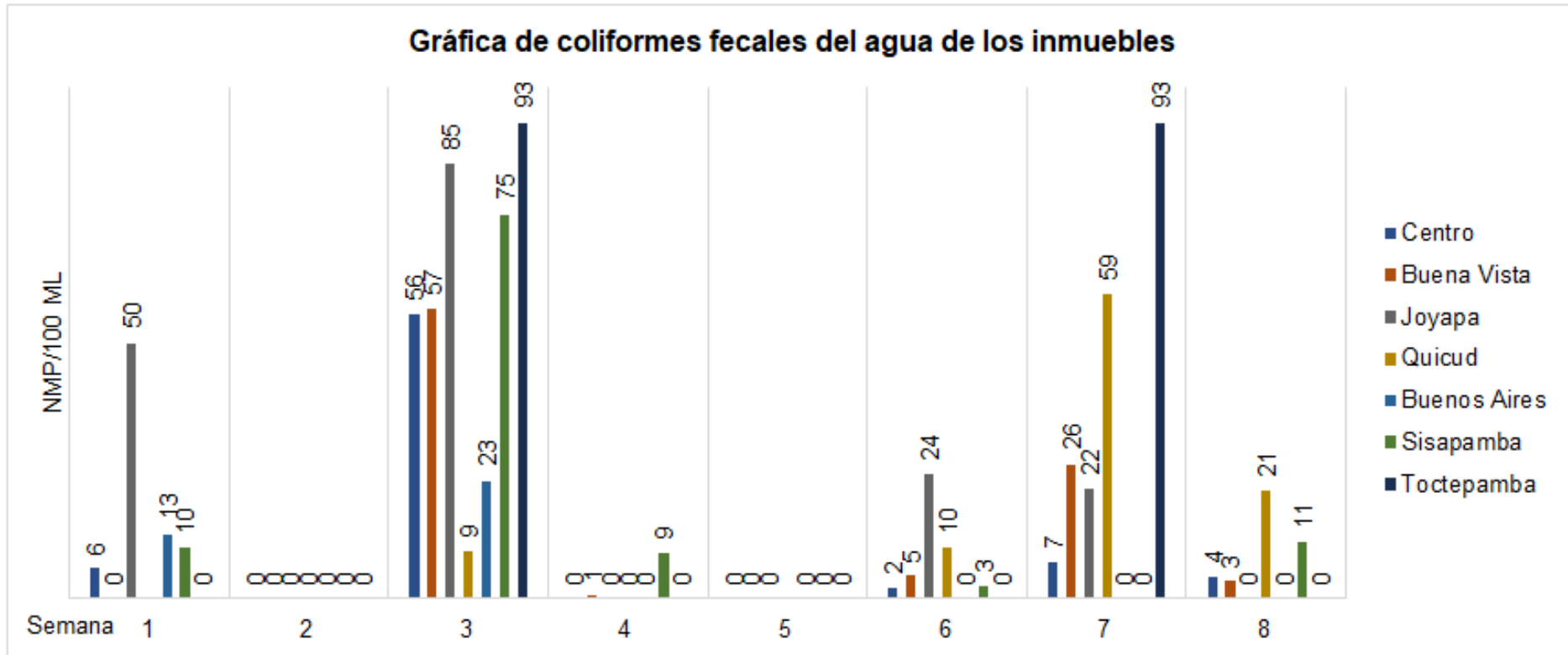


Gráfico 6. Promedio semanal de coliformes fecales en agua de los inmuebles.



3.3 Discusiones.

Los resultados en general indican que los parámetros físico-químicos, exceptuando el color y el cloro libre residual, se encuentran dentro de los límites establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano y con la norma INEN 1108:2014.

En cuanto al color los valores de agua cruda resultaron altos, específicamente en las temporadas de lluvia en las semanas 1, 3, 6 y 7. Al pasar por el proceso de tratamiento no se encontró variaciones significativas ($p > 0,05$), proyectando valores similares a los encontrados antes de su tratamiento. Estos valores pueden fluctuar, además de la lluvia, por la ausencia de un proceso de filtración el cual es recomendado en plantas de tratamiento en zonas rurales cuando la fuente de agua cruda es superficial (Ramírez, 2011). A lo largo de la red de distribución, estos valores se mantienen similares por lo que no cumplen con lo establecido. Varios factores podrían modificar el nivel de color en las redes de distribución como la frecuencia de limpieza de tanques de almacenamiento, sistemas rompe presiones y daños en las tuberías.

El estudio realizado por (Vi Bosa, 2014) indica que los niveles de color superan el límite establecido por la norma (valor máximo 52 UC), sugiriendo que los niveles elevados se deben a la época invernal. Estos resultados son comparables con nuestro estudio ya que la época invernal pudo haber sido uno de los principales factores causantes del aumento de los niveles de color en el agua (valor máximo 23 UC). Además, el nivel de color puede verse afectado por los sedimentos y minerales arrastrados a través de la corriente de agua, también se debe considerar que este parámetro está relacionado con la descomposición de materiales vegetales que caen sobre el agua en cualquier parte del sistema, así como de otros contaminantes de tipo orgánico. La instalación de filtros lentos de arena podría retener el material arrastrado por las lluvias. De esta manera se puede disminuir el color del agua hasta niveles aceptables, además de bajar la carga microbiana antes de la desinfección.

En caso del de cloro libre residual en todas las muestras analizadas, tanto en agua tratada y en agua de los inmuebles se encontraron niveles por debajo del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (0,5 mg/l) y con la norma INEN 1108:2014 (0,3 mg/l) y son similares comparados con la parroquia Sinaí del cantón Morona con 100% de incumplimiento en agua de los inmuebles y 86% en los tanques de reserva (Lima & Pugo, 2017). En la planta y en las redes de distribución no se encontró variaciones significativas ($p > 0,05$) indicándonos valores similares durante todo



UNIVERSIDAD DE CUENCA

el análisis. La ausencia de cloro libre residual podría ocasionar la supervivencia y multiplicación de microorganismos afectando la salud del consumidor.

El principal motivo del incumplimiento de este parámetro se relacionó con incorrecta dosificación del hipoclorito de sodio que se obtiene a partir del equipo CLORID L-30, el cual en su manual (Anexo F) indica que este equipo está diseñado para tratar 125000 litros diarios de agua, lo que equivale a tener un caudal de 1,44 l/s. En el caso de la planta de tratamiento de San Martín de Puzhío, el caudal del agua a la que se adiciona hipoclorito de sodio es de 8 l/s; este hecho genera concentraciones casi nulas de cloro libre residual y por consiguiente incorrecta desinfección. A más de esto, la antigüedad de las tuberías en la red de distribución deteriora la calidad del agua debido a que arrastra consigo sedimento, disminuyendo así la concentración de cloro libre residual (Orellana, 2005).

Estudios diversos (Anacleto, Campas, & Aguilar, 2015; Vi Bosa, 2014) demostraron que el cloro residual presentó valores nulos en todas las muestras, lo cual atribuyen a algunas fallas en el sistema de desinfección tales como aplicación de la dosis incorrecta y/o frecuencia inadecuada de dosificación de cloro. Estos resultados son comparables con el presente estudio donde los bajos niveles de cloro residual se atribuyen a un inadecuado proceso de desinfección. El incumplimiento por defecto es peligroso para la salud humana ya que no podrá garantizar la eliminación total de microorganismos patógenos presentes en el agua.

En cuanto a los parámetros microbiológicos, los valores obtenidos de agua tratada y agua de los inmuebles no cumplen con el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano y con la norma INEN 1108:2014, determinando así que esta agua no es de calidad.

Se obtuvieron niveles elevados de coliformes en agua cruda, principalmente en la época invernal correspondiente a las semanas 1, 3, 6 y 7. Si bien el agua cruda ingresa con valores elevados de coliformes, después de su tratamiento con hipoclorito de sodio, estos no son completamente eliminados. No se encontró variaciones significativas ($p > 0,05$) en coliformes totales y fecales entre las medias de agua de inmuebles; en el caso de coliformes totales en la planta de tratamiento el nivel de significancia ($p: 0,026$) indica diferencia entre las medias de agua cruda frente a agua tratada, lo cual puede ser el resultado de la adición de hipoclorito de sodio que, aunque no ejerce una desinfección completa es suficiente para reducir la carga microbiana. En el caso de



UNIVERSIDAD DE CUENCA

coliformes fecales en agua de la planta el nivel de significancia ($p > 0,05$) indica que no existe variación de las medias en agua cruda y agua tratada.

En este caso los principales factores involucrados son un tratamiento básico del agua cruda, que solo consiste en un proceso de desinfección con hipoclorito de sodio, el cual demostró ser ineficaz por los bajos niveles cloro residual detectados. Estos factores permiten la supervivencia y multiplicación de microorganismos especialmente en época invernal.

El agua para consumo humano debe estar ausente de coliformes totales y fecales por norma, los resultados de la carga microbiana que representan las muestras de agua de la planta y agua de los inmuebles, reflejan el deficiente proceso de desinfección.

El estudio realizado por (Brousett, Chambi, Mollocondo, Aguilar, & Lujano, 2018) señala que enfermedades como la disentería, cólera e infecciones gastrointestinales entre otras, son causadas por bacterias patógenas que se transmiten por medio de aguas contaminadas, de ahí la importancia de los coliformes totales y fecales como indicadores inmediatos de contaminación de agua. La presencia coliformes totales y fecales fueron descritas en la mayoría de las muestras, elevándose en épocas de lluvias como consecuencia de los posibles arrastres de excremento de animales u otros contaminantes del mismo suelo.

El estudio de (Lima & Pugo, 2017) reportó que todas la muestras analizadas superaban el valor límite establecido, esto debido a una manejo inadecuado en el proceso de desinfección. Asimismo, el estudio realizado en Apurímac y Cuzco estudiado en el año 2012 determinó que todas las muestras tanto de agua cruda y agua de los inmuebles no cumplieron las normas microbiológicas establecidas (EcoFluidos Ingenieros, 2012).

En general, los resultados obtenidos reflejan problemas en el tratamiento del agua que se consume en la parroquia, por lo que se deben tomar las acciones correctivas para mejorar la calidad del agua. Lo más adecuado sería una correcta desinfección y el constante monitoreo de la calidad del agua de la planta de tratamiento y de las redes de distribución, así como la educación en el cuidado y uso higiénico del recurso.



4. CONCLUSIONES.

Al comparar los resultados obtenidos en nuestro estudio, frente a los valores establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano de Perú y la norma NTE 2018:2014 se determinó que:

- El agua de la planta y agua de los inmuebles en general, cumplen con los parámetros físico-químicos establecidos, a excepción del color que supera los límites máximos establecidos; y cloro libre residual que se encuentran por debajo de los límites establecidos.
- En los parámetros microbiológicos, el agua de la planta y agua de los inmuebles no cumple con los límites establecidos, encontrándose valores muy altos en contaminación por coliformes totales y coliformes fecales en las temporadas de lluvia.
- En relación a los resultados obtenidos se puede concluir que el agua tratada de la parroquia San Martín de Puzhío no es apta para el consumo humano, ya que presenta contaminación microbiológica y un proceso de tratamiento y desinfección deficiente.



5. RECOMENDACIONES.

En base a los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

- La instalación de filtros lentos de arena con la finalidad de retener el material arrastrado por las lluvias. De esta manera se puede disminuir el color del agua hasta niveles aceptables.
- Revisar el sistema de desinfección utilizado, de tal manera que se adicione la cantidad de hipoclorito de sodio necesario para tratar el agua cruda que llega a la planta con un caudal de 8 litros por segundo, logrando así una correcta desinfección y un efecto residual adecuado.
- Fortalecer los conocimientos técnicos del operario y personas encargadas de la planta, mediante capacitaciones y cursos de formación.



BIBLIOGRAFÍA

- Anacleto, F., Campas, O., & Aguilar, M. (2015). Calidad microbiológica del agua de consumo humano de tres comunidades rurales del Sur de Sonora (México). *Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias*, 1–10.
- APHA/WEF/AWWA. (1989). Standar methods for the examination of water and wastewater. *American Public Health Association, 25 Ed.*, 1–101, Washington DC: Centennial.
- Barrenechea, A., & De Varga, L. (2004). Desinfección. *Tratamiento de Agua Para Consumo Humano. Plantas de Filtración Rápida.*, 1, 153–214.
- Barreto, J. A. (2015). *Potabilización del agua: Principios de diseño, control de procesos y laboratorio.* (Vol. 1). Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Briñez A, K. J., Guarnizo G, J. C., & Arias V., S. A. (2015). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30(2), 175–182. <https://doi.org/10.5944/educxx1.17.1.10708>
- Brousett, M., Chambi, A., Mollocondo, M., Aguilar, L., & Lujano, E. (2018). Evaluación Físico-Química y Microbiológica de Agua para Consumo Humano Puno - Perú. *Fides et Ratio - Revista de Difusión Cultural y Científica de La Universidad La Salle En Bolivia*, 47–68. Retrieved from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2018000100005&lng=es&tlng=es.
- Castañeda, M. (2012). *Microbiología aplicada. Manual de laboratorio* (Básicas).
- Chulluncuy, N. C. (2011). Tratamiento de Agua para Consumo Humano. *Ingeniería Industrial*, (29), 153–170. <https://doi.org/1025-9929>
- Conagua. (2007). *Diseño de plantas potabilizadoras tipo Tecnología simplificada.* México, D.F.
- EcoFluidos Ingenieros. (2012). *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.* Retrieved from <http://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>
- Falconí, C. (2009). Manual para aforo y desinfeccion del agua. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/14341773/MANUAL-PARA-AFORO-Y-DESINFECCION->



UNIVERSIDAD DE CUENCA

DEL-AGUA

- Fenner, R. A. (2017). Water: An essential resource and a critical hazard. *Green Energy and Technology*, (9783319544564), 75–97. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54458-8_5
- Galarza, R., & Zaldumbide, F. (2017). *Incidencia de las rutas del transporte público en la contaminación ambiental microbiana en los asideros de los buses urbanos de la ciudad de ambato*. Universidad Técnica de Ambato. Retrieved from <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26947?fbclid=IwAR2uHMviRNH3X7cSSICUcsFrPNeTIKfknkHAL4-ZHtwhHgziOP-ajN9f9iw>
- Gomezcoello, M., & Machuca, E. (2017). *Evaluación de la calidad de agua tratada de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores, de la parroquia Bayas del cantón Azogues*. Universidad de Cuenca.
- HACH. (2013). Procedures manual. *HACH*, 1. Retrieved from <https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639982259%0A>
- Hiriart, M. M. (2013). El agua como recurso. *¿Cómo Ves?*, (54), 10–12.
- Larrea, J., Rojas, M., Romeu, B., Rojas, M., & Heydrich, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *CENIC Ciencias Biológicas*, 44, 24–34. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181229302004>
- Lima, L., & Pugo, A. (2017). *Análisis microbiológico y físico-químico del agua tratada de la parroquia Sinaí del cantón Morona*. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28496/1/Trabajo de titulacion.pdf>
- Mejía, M. R. (2015). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria , en la microcuenca El Limón , San Jerónimo , Honduras . *Research and Higher Education Center*, 123. Retrieved from <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0602E/A0602E.PDF>
- Ministerio de Salud. (2014). Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA. *Digensa*, 1(October), 44. Retrieved from <http://www.involve.nih.ac.uk/resource-centre/evidence-library>
- Ñauñay, J. (2010). *Dotación real de agua potable en edificios de instituciones públicas*



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- de la ciudad de Quito, sector Centro-Norte, La Mariscal. Escuela Politécnica Nacional. Retrieved from*
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26947?fbclid=IwAR2uHMviRNH3X7cSSICUcsFrPNeTIKfnkHAL4-ZHtwhHgziOP-ajN9f9iw>
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2006). Agua Potable. Requisitos. NTE INEN 1108. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 10. Retrieved from [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10608/8/Norma Inen Agua1108-2.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10608/8/Norma%20Inen%20Agua1108-2.pdf)
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2014). Agua Potable. Requisitos. NTE INEN 1108. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, (5), 1–10. Retrieved from <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>
- ONU. (2003). La situación La crisis mundial del agua. *Onu- Wwap*, 36. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>
- OPA/OMS. (2009). Medición del cloro residual en el agua. *Guías Técnicas sobre saneamiento. Agua y Salud*, 1.
- Orellana, J. (2005). Tratamiento de las aguas. *Ingeniería Sanitaria- UTN*, 1–123. Retrieved from https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality*.
- Organización Mundial de la Salud. (2015). Agua, saneamiento y salud [ASS], Hojas informativas sobre enfermedades relacionadas con el agua. Retrieved from http://www.who.int/water_sanitation_health/%0Adiseases/diseasefact/es/index.html.
- PODT. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial- San Martín de Puzhío*.
- Ramírez, L. (2011). Filtración lenta con arena para el tratamiento de agua en comunidades rurales. *Avances*, 13(1562–3297), 8. Retrieved from http://www.ciget.pinar.cu/Revista/No.2011-1/Art%EDculos/Filtros_lentos_arena.pdf?fbclid=IwAR1Du39YVTqpl0_yAr23tWZ1zsXVNRt3_8X6HiOldVljsISEqzQ82wBs6nY
- Ríos, S., Agudelo, R., & Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública.*, 35(2),



UNIVERSIDAD DE CUENCA

236–247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>

Robles, F. O. (2011). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes.: Aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales*. Ediciones Díaz de Santos.

Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. (2011). *Análisis de agua* (9th ed.). Omega.

Rojas, J. (2009). *Calidad del Agua* (Tercera ed). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Tacuri, J., & Vintimilla, O. (2012). *Control Microbiológico y Físico Químico del Agua Potable del Sistema de Abastecimiento del Cantón Santa Isabel*. Universidad de Cuenca. Retrieved from dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2418/1/tq914.pdf

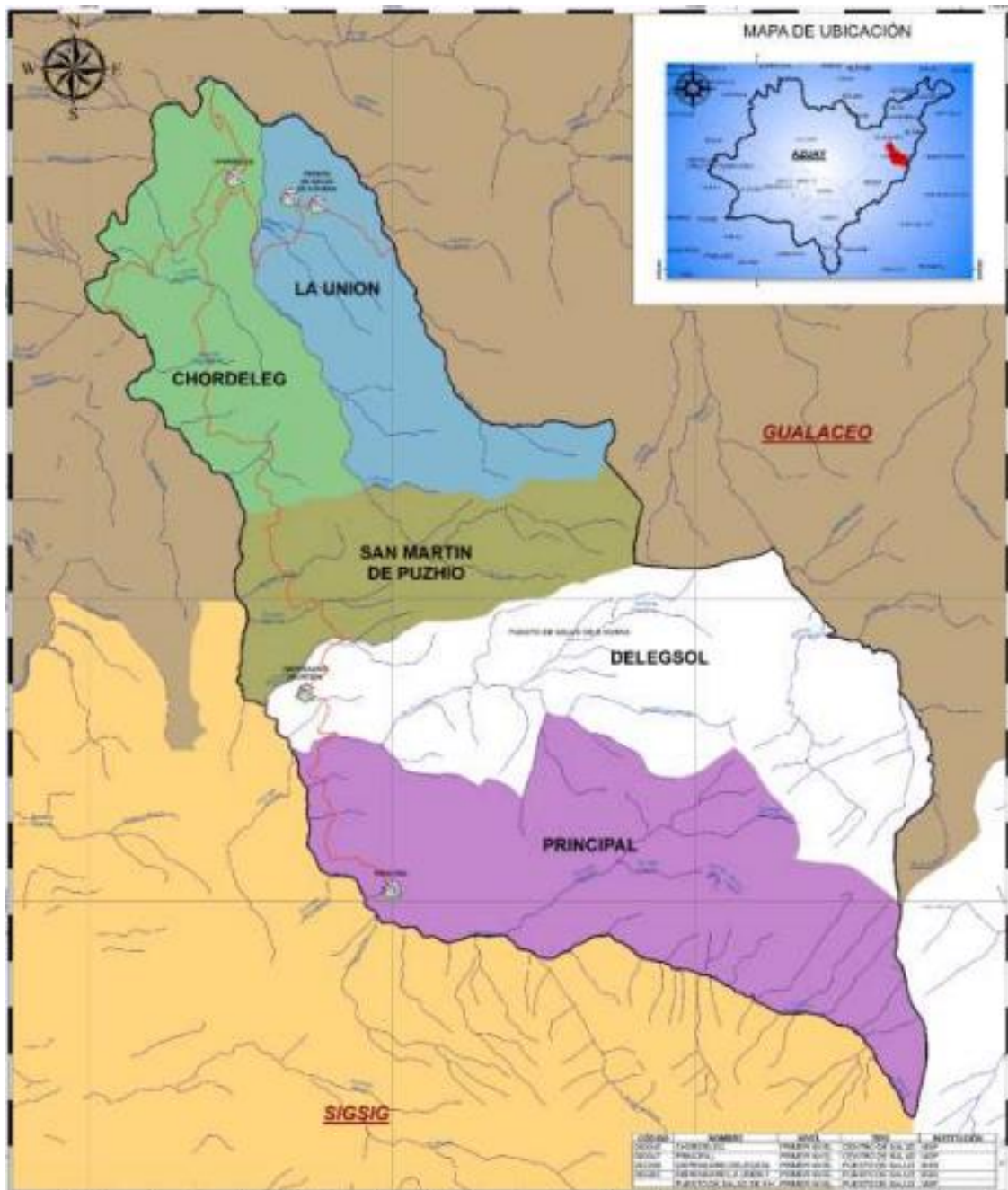
Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. (2009). Índices De Calidad De Agua En Fuentes Superficiales Utilizadas En La Producción De Agua Para Consumo Humano. Una Revisión Crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79–94. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.IYU18-2.ifcd>

Varó, P., & Segura, M. (2009). *Curso de manipulador de agua de consumo humano*. (2009 Universidad de Alicante, Ed.). Alicante.

Vi Bosa, P. (2014). Mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano. *Saludata*, 1, 1–29. Retrieved from http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/Documentos/Mapa_Riesgo_Asouan.pdf?fbclid=IwAR26qjTgeTTSZGh5KSnOSmvm74FWghZa16s2EZw82OxAl86vxwnpaKqU8zY

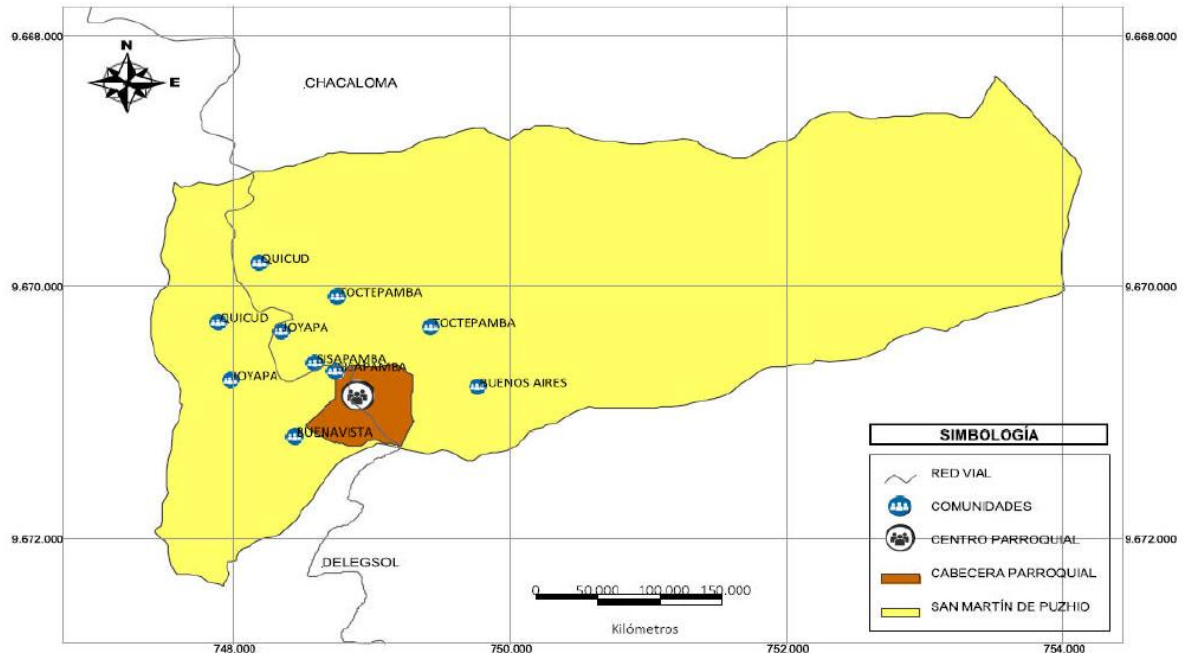
ANEXOS.

Anexo A. Mapa ubicación de San Martín de Puzhío en Chordeleg.





Anexo B. Comunidades de la parroquia San Martín de Puzhío.



Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial del Cantón Chorleg 2015.



Anexo C. Tabla de interpretación de resultados para NMP y límites de aceptación del 95 por 100 para 3 tubos de 10 ml, 1 ml y 0,1 ml.

Número de tubos que dan una reacción positiva con			NMP en 100 ml	Límites de confianza al 95%	
3 tubos de 10 ml	3 tubos de 1 ml	3 tubos de 0,1 ml		Límite inferior	Límite superior
0	0	1	3	<0,5	9
0	1	0	3	<0,5	13
1	0	0	4	<0,5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800

(Rodier et al., 2011)



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Anexo D. Tabla de resultados.

UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 1	Limite máximo permisible	27-nov-18																						
		1. Agua cruda		2. Agua tratada		3. Buenos Aires		4. Buenos Aires		5. Buenos Aires		6. Centro		7. Centro		8. Centro		9. Sisapamba		10. Joyapa		11. Joyapa		Media
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPt- Co	35	35	25	25	30	30	35	35	25	25	30	30	25	25	25	25	25	25	15	15	15	15	25
Turbiedad	5 NTU	1,05	1,09	1	1,02	1,08	1,12	0,73	0,75	0,8	0,85	0,96	0,94	0,83	0,85	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,86	0,88	1
pH	6.5-8.5	7,31	7,29	7,3	7,28	7,41	7,38	7,41	7,4	7,5	7,48	7,4	7,42	7,3	7,32	7,31	7,32	7,21	7,23	7,19	7,21	7,22	7,24	7
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	-----	-----	0,05	0,05	0,02	0,02	0,04	0,04	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Nitritos	3 mg/L	0	0	0	0	0,001	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitratos	50 mg/L	0,2	0,21	0,2	0,2	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,2	0,1	0	0	0,1
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/ 100ml	0	0	11	11	20	20	11	11	7	7	15	15	11	11	4	4	20	20	150	150	0	0	25
Coliformes totales	<1.8 NMP/ 100ml	240	240	21	21	43	43	150	150	20	20	150	150	28	28	150	150	4	4	15	15	21	21	60
Observaciones: Presencia de lluvias el día anterior																								



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS-ESCUELA DE BIOQUIMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHIO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 1	Limite máximo permissible	28-nov-18																						
		1.Agua cruda		2. Agua tratada		3.Buena Vista		4.Buena Vista		5.Buena Vista		6.Buena Vista		7.Centro		8.Centro		9.Sisapamba		10.Toctepamba		11.Joyapa		Media
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPt- Co	10	10	10	10	10	10	15	15	10	10	20	20	10	10	10	10	5	5	5	5	10	10	11
Turbiedad	5 NTU	0,48	0,52	0,45	0,42	0,52	0,5	0,53	0,5	0,49	0,44	0,41	0,45	0,5	0,48	0,48	0,48	0,51	0,47	0,48	0,5	0,44	0,5	0,5
pH	6.5-8.5	7	7,3	6,8	7	7,2	7	7,2	7,5	7,2	6,8	6,7	7,2	6,9	7	7	7,2	7	7,1	6,9	7	6,8	7	7
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	----	-----	0,02	0,01	0,01	0	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitritos	3 mg/L	0	0,001	0	0	0,001	0,001	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0,001	0,002	0,001	0	0	0,001	0	0,001	0,001
Nitratos	50 mg/L	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1
Coliforme s fecales	< 1.8 NMP/ 100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliforme s totales	<1.8 NMP/ 100ml	23	23	0	0	4	4	0	0	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	3
Observaciones:																								



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 2	Límite máximo permisible	4-dic-18																						
		1. Agua cruda		2. Agua tratada		3.Centro		4. Centro		5. Centro		6. Sisapamba		7. Toctepamba		8. Buena Vista		9. Buena Vista		10.Buenos Aires		11.Joyapa		Media
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPt-Co	10	10	10	10	10	10	5	5	10	10	10	10	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	9
Turbiedad	5 NTU	0,47	0,5	0,54	0,48	0,41	0,4	0,64	0,65	0,76	0,72	0,8	0,78	0,6	0,58	0,39	0,42	0,7	0,68	0,6	0,65	0,29	0,32	0,56
pH	6.5-8.5	7,30	7,21	7,2	7,25	7,3	7,2	7,4	7,45	7,3	7,28	7,3	7,25	7,2	7,15	7,3	7,2	7,3	7,35	7,3	7,31	7,3	7,36	7
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	-----	-----	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitritos	3 mg/L	0,003	0,002	0	0	0,002	0	0	0	0,001	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0	0,001	0	0,002	0,001	0	0	0,001
Nitratos	50 mg/L	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	0	0	1
Observaciones:																								



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 2	Limite máximo permisible	5-dic-18																						
		1. Agua cruda		2. Agua tratada		3. Centro		4. Centro		5. Centro		6.Sisapamba		7.Joyapa		8.Joyapa		9. Joyapa		10.Quicud		11. Quicud		Media
		1A	1B	2B	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPt-Co	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	10	10	10	10	10	10	5	5	10	10	10	10	11
Turbiedad	5 NTU	0,38	0,4	0,73	0,7	0,86	0,89	0,51	0,55	0,44	0,4	0,48	0,51	0,29	0,3	0,42	0,45	0,44	0,4	0,77	0,78	0,31	0,3	0,53
pH	6.5-8.5	7,21	7	7,12	7,15	7,21	7,3	7,15	7,2	7,2	7,23	7,11	7	7,23	7,25	7,2	7,25	7,2	7,3	7,35	7,3	7,3	7,36	7
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	-----	-----	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02
Nitritos	3 mg/L	0,001	0,001	0,002	0,002	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,004	0,002	0,001
Nitratos	50 mg/L	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,5	0,4	0,5	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Observaciones:																								



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																									
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																									
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																									
SEMANA 3	Límite máximo permissible	11-dic-18																							
		1. Agua cruda		2. Agua tratada		3. Centro		4. Centro		5. Centro		6. Buena Vista		7. Buena Vista		8. Buenos Aires		9. Joyapa		10. Joyapa		11. Quicud		Media	
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B		
Color	15 UPt-Co	40	40	40	40	10	10	30	30	40	40	25	25	30	30	35	35	30	30	30	30	40	40	32	
Turbiedad	5 NTU	1,89	1,9	1,56	1,5	0,43	0,42	1,57	1,61	1,57	1,53	1,62	1,6	1,52	1,48	2,32	2,24	2,04	2,08	1,79	1,73	1	0,98	2	
pH	6.5-8.5	7,1	7,12	7,23	7,24	7,4	7,42	7,2	7,22	7,12	7,16	7	7,04	7,1	7,12	7,2	7,23	7,2	7,21	7,09	7,12	7,31	7,36	7,2	
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	-----	-----	0,05	0,05	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04	0,04
Nitritos	3 mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0	0,001	0,001	0	0	0,003	0,002	0	0	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	
Nitratos	50 mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,15	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,4	0,2	0,3	0,8	0,6	0,9	0,8	0,3	
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	7	7	0	0	0	0	9	9	39	39	75	75	75	75	23	23	20	20	150	150	150	150	50	
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	460	460	150	150	0	0	240	240	120	120	210	210	150	150	120	120	150	150	120	120	150	120	169	
Observaciones: Presencia de llluvias																									



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 3	Límite máximo permisible	12-dic-18																						
		1. Agua cruda		2. Agua tratada		3. Centro		4. Centro		5. Centro		6. Centro		7. Buena Vista		8. Toctepamb a		9. Sisapamba		10. Quicud		11. Quicud		Media
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPT-Co	35	35	25	25	25	25	5	5	35	35	30	30	30	30	10	10	35	35	40	40	20	20	26
Turbiedad	5 NTU	0,74	0,8	0,7	0,69	0,6	0,65	0,32	0,35	0,86	0,83	0,83	0,78	0,68	0,7	0,43	0,49	0,88	0,85	1	0,95	0,52	0,55	0,7
pH	6.5-8.5	7,32	7,3	7,25	7,2	7,2	7,15	6,67	6,6	7,4	7,41	7,1	7,15	7,12	7,17	7,1	7,13	7,32	7,29	7,3	7,3	7	6,97	7
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	----	----	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,01	0,04	0,02	0,04
Nitritos	3 mg/L	0,021	0,02	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004	0,003	0,023	0,021	0,014	0,015	0,003	0,002	0,004	0,003	0,004	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001	0,006
Nitratos	50 mg/L	0,8	0,7	1,8	1,8	0,7	0,7	0,9	0,9	1,3	1,2	0,8	0,9	2	1,7	1,2	1,3	0,8	0,5	0,9	0,6	0,7	0,6	1,1
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	150	150	4	4	11	11	120	120	210	210	0	0	20	20	93	93	75	75	20	20	4	4	56
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	4	4	4	4	28	28	23	23	9	9	0	0	9	9	9	9	150	150	43	43	150	150	43
Observaciones: Lluvia en días anteriores																								



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 4	Límite máximo permisible	18-dic-18																						
		1. Agua cruda		2. Agua tratada		3. Buenos Aires		4. Centro		5. Centro		6. Centro		7. Buena Vista		8. Buena Vista		9. Sisapamba		10. Toctepamba		11. Joyapa		Media
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPT-Co	15	15	5	5	5	5	20	20	5	5	15	15	10	10	10	10	5	5	10	10	10	10	10
Turbiedad	5 NTU	0,7	0,69	0,42	0,4	0,47	0,5	0,86	0,82	0,21	0,18	0,95	0,86	0,3	0,35	0,34	0,31	0,28	0,32	0,46	0,5	0,51	0,48	0,48
pH	6.5-8.5	7,11	7,15	6,98	7	7,16	7,22	7,09	7,12	6,87	6,9	7,08	7,1	7,03	7,06	6,99	7,02	6,91	6,95	7,1	6,98	7,2	7,19	7
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	-----	-----	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
Nitritos	3 mg/L	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,004	0,003	0,007	0,005	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0,006	0,004	0,003	0,002	0,004	0,001	0,003
Nitratos	50 mg/L	0,3	0,2	0,6	0,5	0,7	0,5	0,3	0,4	0,1	0,2	0,7	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4	2	1,9	0,3	0,2	0,2	0,3	0,6
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	0	0	0	0	1
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	15	15	0	0	20	20	0	0	0	0	4
Observaciones:																								



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 4	Límite máximo permisible	19-dic-18																						
		1. Agua cruda		2. Agua tratada		3. Centro		4. Centro		5. Centro		6. Buena Vista		7. Buena Vista		8. Buena Vista		9. Joyapa		10. Joyapa		11. Quicud		Media
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPt-Co	5		5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	10	10	7
Turbiedad	5 NTU	0,6	0,69	0,71	0,72	0,79	0,73	0,78	0,69	0,68	0,61	0,81	0,76	0,84	0,86	0,73	0,8	0,73	0,79	0,81	0,76	0,79	0,76	0,76
pH	6.5-8.5	6,94	6,99	6,9	7,3	6,82	6,88	7,12	7,02	7,02	6,99	7,04	6,99	7,34	7,31	7,32	7,31	6,89	7	7,12	7,2	7,12	7,08	7
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	---	---	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Nitritos	3 mg/L	0	0	0,01	0,008	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,01	0,008	0	0	0,01	0,009	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003
Nitratos	50 mg/L	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,1	0,1	0	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0,1
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	9	9	15	15	9	9	0	0	0	0	4
Observaciones:																								



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																									
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																									
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																									
SEMANA 5 (2° muestreo)	Limite máximo permisible	2-ene-19																							
		1.Agua cruda		2. Agua tratada		3.Buenos Aires		4.Buenos Aires		5.Buenos Aires		6.Centro		7.Centro		8.Centro		9.Sisapamba		10.Joyapa		11.Joyapa		Media	
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B		
Color	15 UPt-Co	10	10	5	5	10	10	15	15	10	10	15	15	10	10	5	5	10	10	5	5	5	5	9	
Turbiedad	5 NTU	0,46	0,48	0,32	0,3	0,48	0,5	0,53	0,5	0,49	0,52	0,61	0,58	0,5	0,48	0,25	0,29	0,46	0,49	0,48	0,5	0,5	0,45	0,5	
pH	6.5-8.5	7,15	7,21	6,89	7	7,23	7,26	7,21	7,19	7,2	6,8	6,19	7,2	6,89	6,98	7	7,2	7,12	7,1	6,97	7	6,95	7	7	
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	-----	-----	0	0	0,01	0	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	
Nitritos	3 mg/L	0	0	0,001	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	
Nitratos	50 mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,1	
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	4	4	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	
Observaciones:																									



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 5 (2° muestreo)	Límite máximo permissible	03 de enero de 2019																						
		1.Agua cruda		2. Agua tratada		3.Buena Vista		4.Buena Vista		5.Buena Vista		6.Buena Vista		7.Centro		8.Centro		9.Sisapamba		10.Toctepamba		11.Joyapa		Media
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPt-Co	10	10	5	5	5	5	5	5	10	10	5	5	5	5	10	10	5	5	10	10	5	5	7
Turbiedad	5 NTU	0,45	0,48	0,32	0,3	0,39	0,41	0,32	0,35	0,68	0,65	0,35	0,39	0,38	0,4	0,58	0,55	0,35	0,3	0,49	0,45	0,29	0,32	0,41
pH	6.5-8.5	7,21	7,28	7,19	7,25	7,25	7,2	7,42	7,44	7,32	7,28	7,32	7,35	7,19	7,15	7,21	7,18	7,3	7,35	7,29	7,31	7,28	7,31	7
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	-----	-----	0,02	0,02	0	0	0,01	0,01	0,02	0,01	0	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0	0,01
Nitritos	3 mg/L	0,001	0,001	0	0	0,001	0,001	0	0,001	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0	0,001	0,001	0	0	0,001
Nitratos	50 mg/L	0,1	0,1	0	0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0
Observaciones:																								



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 6 (2° muestreo)	Limite máximo permisible	8-ene-19																						
		1. Agua cruda		2. Agua tratada		3. Centro		4. Centro		5. Centro		6. Sisapamba		7. Toctepamba		8. Buena Vista		9. Buena Vista		10. Buenos Aires		11. Joyapa		Media
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPt-Co	20	20	10	10	15	15	20	20	10	10	15	15	20	20	10	10	10	10	5	5	20	20	14
Turbiedad	5 NTU	0,59	0,55	0,32	0,3	0,47	0,5	0,65	0,6	0,29	0,25	0,35	0,38	0,62	0,59	0,29	0,31	0,28	0,32	0,28	0,32	0,48	0,51	0,4
pH	6.5-8.5	7,15	7,1	7	7,15	7,1	7,15	7	7,12	6,89	6,9	7,05	7,1	7	7,06	6,96	7,02	6,85	6,8	6,89	6,85	7,15	7,19	7
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	-----	-----	0,02	0,01	0	0	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0,01	0,01	0,02	0,01	0	0	0,01
Nitritos	3 mg/L	0,001	0,001	0	0	0,001	0,001	0,002	0,002	0	0	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0	0,002	0,001	0,001
Nitratos	50 mg/L	0,2	0,1	0	0	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,2	0,1	0,1
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	0	0	0	0	1
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	3	3	0	0	0	0	3	3	3	3	4	4	11	11	0	0	20	20	0	0	4	4	5
Observaciones: Lluvia en días anteriores																								



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 6 (2° muestreo)	Límite máximo permisible	9-ene-19																						
		1. Agua cruda		2. Agua tratada		3. Centro		4. Centro		5. Centro		6.Sisapamba		7.Joyapa		8.Joyapa		9. Joyapa		10.Quicud		11. Quicud		Media
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPt-Co	30	30	25	25	20	20	10	10	15	15	30	30	20	20	15	15	30	30	35	35	15	15	22
Turbiedad	5 NTU	0,8	0,82	0,69	0,65	0,6	0,65	0,35	0,32	0,52	0,53	0,79	0,82	0,69	0,7	0,49	0,45	0,85	0,88	1	0,98	0,5	0,55	0,7
pH	6.5-8.5	7,12	7,17	7	7,08	7	7,15	7,25	7,2	6,98	7,08	7,12	7,15	7	7,05	7,15	7,13	7,2	7,28	7,15	7,19	6,97	7	7
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	----	----	0	0	0,01	0,01	0,02	0,02	0	0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0	0	0	0	0,01
Nitritos	3 mg/L	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Nitratos	50 mg/L	0,8	0,7	0,4	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,8	0,9	0,5	0,6	0,2	0,2	0,8	0,7	0,9	1	0,1	0,1	0,4
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	28	28	0	0	9	9	3	3	3	3	4	4	20	20	3	3	75	75	20	20	0	0	14
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	120	120	9	9	11	11	9	9	9	9	75	75	11	11	11	11	120	120	150	150	4	4	41
Observaciones:Lluvia en días anteriores																								



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 7 (2° muestreo)	Límite máximo permisible	15-ene-19																						
		1. Agua cruda		2. Agua tratada		3. Centro		4. Centro		5. Centro		6. Buena Vista		7. Buena Vista		8. Buenos Aires		9. Joyapa		10. Joyapa		11. Quicud		Media
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPt-Co	40	40	40	40	35	35	30	30	25	25	30	30	30	30	35	35	20	20	30	30	15	15	29
Turbiedad	5 NTU	1,35	1,45	1,34	1,38	1,32	1,27	1,34	1,31	0,88	0,94	0,89	0,94	0,098	1,04	1,12	1,07	0,86	0,88	1,03	1,06	0,98	0,95	1
pH	6.5-8.5	7,12	7,14	7,17	7,21	7,22	7,35	7,34	7,29	7,31	7,27	7,33	7,36	7,23	7,24	7,27	7,31	7,14	7,22	7,12	7,15	7,35	7,3	7,3
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L			0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
Nitritos	3 mg/L	0,03	0,02	0,01	0,01	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001	0,001	0,002
Nitratos	50 mg/L	0,5	4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0	0,1	0,1	0,1	0,4	0,5	0,3	0,3	0,2	0,3	0	0	0,2
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	120	120	4	4	11	11	15	15	4	4	9	9	4	4	4	4	15	15	28	28	21	21	12
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	460	460	11	11	15	15	20	20	11	11	64	64	11	11	15	15	21	21	120	120	150	150	44
Observaciones: Lluvia en días previos																								



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 7 (2° muestreo)	Límite máximo permissible	16-dic-19																						
		1.Agua cruda		2. Agua tratada		3.Centro		4.Centro		5. Centro		6.Centro		7. Buena Vista		8.Toctepamba		9.Sisapamba		10.Quicud		11.Quicud		Media
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPt-Co	30	30	30	30	25	25	25	25	30	30	25	25	35	35	25	25	25	25	35	35	35	35	29
Turbiedad	5 NTU	0,9	0,88	0,79	0,74	0,6	0,65	0,52	0,6	0,67	0,75	0,88	0,84	0,68	0,7	0,88	0,93	0,69	0,75	1,12	1,17	0,99	0,93	0,8
pH	6.5-8.5	7,31	7,3	7,27	7,29	7,2	7,15	7,43	7,36	7,29	7,33	7,33	7,35	7,12	7,17	7,19	7,23	7,22	7,29	7,38	7,41	7,09	7,14	7,3
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Nitritos	3 mg/L	0,015	0,008	0,008	0,01	0,002	0,002	0,002	0,001	0,023	0,016	0,025	0,015	0,003	0,002	0,008	0,008	0,002	0,004	0,01	0,012	0,03	0,03	0,011
Nitratos	50 mg/L	0,5	0,7	2	2	0,7	0,8	0,2	0,2	1	0,9	0,5	0,5	2	1,7	0,9	1	0,9	1,2	1	1,2	0,9	1,2	1
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	460	460	21	21	43	43	21	21	23	23	23	23	75	75	93	93	28	28	150	150	21	21	50
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	210	210	43	43	75	75	43	43	64	64	64	64	43	43	150	150	75	75	120	120	150	150	83
Observaciones:Lluvia en días anteriores																								



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHÍO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 8 (2° muestreo)	Límite máximo permisible	22-ene-19																						
		1. Agua cruda		2. Agua		3. Buenos		4. Centro		5. Centro		6. Centro		7. Buena		8. Buena		9. Sisapamba		10. Toctepamb		11. Joyapa		Media
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPt-Co	5	5	5	5	5	5	10	10	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8
Turbiedad	5 NTU	0,58	0,61	0,51	0,49	0,58	0,56	0,71	0,77	0,38	0,44	0,72	0,78	0,44	0,37	0,38	0,36	0,48	0,44	0,53	0,53	0,56	0,67	0,5
pH	6.5-8.5	7,13	7,08	7,05	6,97	7,16	7,22	7,24	7,3	7,05	7,09	7,31	7,26	7,14	7,06	7,01	6,94	6,79	6,85	7,1	6,88	7,34	7,29	7
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
Nitritos	3 mg/L	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,003	0,009	0,008	0,001	0,001	0	0	0	0	0,009	0,009	0,003	0,001	0,005	0,004	0,003
Nitratos	50 mg/L	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	1,5	1,3	0,3	0,1	0,4	0,5	0,4
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	11	11	0	0	0	0	2
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	11	11	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	7	7	7	7	0	0	0	0	2
Observaciones:																								



UNIVERSIDAD DE CUENCA-FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA																								
JUNTA ADMINISTRATIVA DEL AGUA POTABLE DE SAN MARTIN DE PUZHIO																								
HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES																								
SEMANA 8 (2° muestreo)	Límite máximo permisible	23-ene-19																						
		1.Agua cruda		2. Agua tratada		3.Centro		4.Centro		5.Centro		6.Buena Vista		7. Buena Vista		8.Buena Vista		9.Joyapa		10. Joyapa		11. Quicud		Media
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	11A	11B	
Color	15 UPt-Co	5		5	5	5	5	10	10	5	5	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	10	10	8
Turbiedad	5 NTU	0,49	0,53	0,71	0,72	0,57	0,56	0,67	0,75	0,52	0,55	0,75	0,71	0,83	0,78	0,65	0,65	0,52	0,54	0,68	0,71	0,82	0,85	0,7
pH	6.5-8.5	7,09	7,13	6,9	7,3	6,95	6,88	7,14	7,07	7,17	7,12	7,21	7,16	7,25	7,33	7,12	7,12	7,02	7,04	7,27	7,22	7,17	7,13	7
Cloro libre residual	0.5- 5 mg/L	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Nitritos	3 mg/L	0	0	0,01	0,01	0	0,001	0,001	0,001	0	0	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0	0	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
Nitratos	50 mg/L	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0,15	0,15	0,1
Coliformes fecales	< 1.8 NMP/100ml	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	7	7	1,1
Coliformes totales	<1.8 NMP/100ml	7	7	0	0	0	0	0	0	15	15	0	0	11	11	0	0	0	0	0	0	11	11	3,7
Observaciones: Ninguna																								



Anexo E. Análisis estadístico de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Coliformes fecales	Cruda vs tratada	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>La distribución de Col.fecales es la misma entre las categorías de sector.</td> <td>Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes</td> <td>,254¹</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1	La distribución de Col.fecales es la misma entre las categorías de sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,254 ¹	Conserve la hipótesis nula.
		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión							
1	La distribución de Col.fecales es la misma entre las categorías de sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,254 ¹	Conserve la hipótesis nula.								
Inmuebles	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>La distribución de col.fecales es la misma entre las categorías de Sector.</td> <td>Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes</td> <td>,461</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1	La distribución de col.fecales es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,461	Conserve la hipótesis nula.	
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión								
1	La distribución de col.fecales es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,461	Conserve la hipótesis nula.								
Coliformes totales	Cruda vs tratada	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>La distribución de Col.totales es la misma entre las categorías de Sector.</td> <td>Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes</td> <td>,026¹</td> <td>Rechace la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1	La distribución de Col.totales es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,026 ¹	Rechace la hipótesis nula.
		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión							
1	La distribución de Col.totales es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,026 ¹	Rechace la hipótesis nula.								
Inmuebles	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>La distribución de Col.totales es la misma entre las categorías de Sector.</td> <td>Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes</td> <td>,295</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1	La distribución de Col.totales es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,295	Conserve la hipótesis nula.	
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión								
1	La distribución de Col.totales es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,295	Conserve la hipótesis nula.								
Color	Cruda vs tratada	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>La distribución de color es la misma entre las categorías de sector.</td> <td>Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes</td> <td>,341¹</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1	La distribución de color es la misma entre las categorías de sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,341 ¹	Conserve la hipótesis nula.
		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión							
1	La distribución de color es la misma entre las categorías de sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,341 ¹	Conserve la hipótesis nula.								
Inmuebles	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>La distribución de Color es la misma entre las categorías de Sector.</td> <td>Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes</td> <td>,205</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1	La distribución de Color es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,205	Conserve la hipótesis nula.	
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión								
1	La distribución de Color es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,205	Conserve la hipótesis nula.								



pH	Cruda vs tratada	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>La distribución de pH es la misma entre las categorías de Sector.</td> <td>Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes</td> <td>,539¹</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1	La distribución de pH es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,539 ¹	Conserve la hipótesis nula.
		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión							
1	La distribución de pH es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,539 ¹	Conserve la hipótesis nula.								
Inmuebles	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>La distribución de pH es la misma entre las categorías de Sector.</td> <td>Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes</td> <td>,407</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1	La distribución de pH es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,407	Conserve la hipótesis nula.	
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión								
1	La distribución de pH es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,407	Conserve la hipótesis nula.								
Turbiedad	Cruda vs tratada	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>La distribución de Turbiedad es la misma entre las categorías de Sector.</td> <td>Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes</td> <td>,564¹</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1	La distribución de Turbiedad es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,564 ¹	Conserve la hipótesis nula.
		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión							
1	La distribución de Turbiedad es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,564 ¹	Conserve la hipótesis nula.								
Inmuebles	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>La distribución de Turbiedad es la misma entre las categorías de Sector.</td> <td>Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes</td> <td>,119</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1	La distribución de Turbiedad es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,119	Conserve la hipótesis nula.	
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión								
1	La distribución de Turbiedad es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,119	Conserve la hipótesis nula.								
Nitritos	Cruda vs tratada	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>La distribución de Nitritos es la misma entre las categorías de Sector.</td> <td>Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes</td> <td>,956¹</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1	La distribución de Nitritos es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,956 ¹	Conserve la hipótesis nula.
		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión							
1	La distribución de Nitritos es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,956 ¹	Conserve la hipótesis nula.								
Inmuebles	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>La distribución de Nitritos es la misma entre las categorías de Sector.</td> <td>Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes</td> <td>,939</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1	La distribución de Nitritos es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,939	Conserve la hipótesis nula.	
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión								
1	La distribución de Nitritos es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,939	Conserve la hipótesis nula.								



Nitratos	Cruda vs tratada	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 La distribución de Nitratos es la misma entre las categorías de Sector.</td> <td>Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes</td> <td>,752¹</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1 La distribución de Nitratos es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,752 ¹	Conserve la hipótesis nula.
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión						
1 La distribución de Nitratos es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,752 ¹	Conserve la hipótesis nula.							
Inmuebles	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 La distribución de Nitratos es la misma entre las categorías de Sector.</td> <td>Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes</td> <td>,217</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1 La distribución de Nitratos es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,217	Conserve la hipótesis nula.	
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión							
1 La distribución de Nitratos es la misma entre las categorías de Sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,217	Conserve la hipótesis nula.							
Cloro libre residual	Planta e inmuebles	<p align="center">Resumen de contrastes de hipótesis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Hipótesis nula</th> <th>Prueba</th> <th>Sig.</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 La distribución de cloro residual es la misma entre las categorías de sector.</td> <td>Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes</td> <td>,796</td> <td>Conserve la hipótesis nula.</td> </tr> </tbody> </table>	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	1 La distribución de cloro residual es la misma entre las categorías de sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,796	Conserve la hipótesis nula.
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión							
1 La distribución de cloro residual es la misma entre las categorías de sector.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,796	Conserve la hipótesis nula.							



Anexo F. Datos del equipo CLORID L-30.

<h1>Clorid</h1>			
Cliente:	<input type="text"/>		
Nº Serie:	<input type="text"/>	Año de Fabricación:	<input type="text"/>
Producto:	<input type="text"/>	AF.Nº:	<input type="text"/>
F.D.N. Nº:	<input type="text"/>	D.W.G. Ref:	<input type="text"/>
TAG Nº:	<input type="text"/>	TAG Cliente	<input type="text"/>
Servicio	Generador de hipoclorito de sodio en situ		
Modelo:	Modelo Clorid L-30		
Capacidad:	375 g/día cloro	Cantidad	<input type="text" value="1"/>
Concentración:	12,5 g/ litro	Paso	<input type="text" value="30 L"/>
Temperatura Operación	<input type="text" value="25 °C"/>	Presión Máxima de operación	<input type="text" value="Bacheo"/>
Tem. Máx..	<input type="text" value="45 °C"/>	Presión Proyecto	<input type="text"/>
Temperatura Proyecto	<input type="text" value="50 °c"/>		
Peso Vacío	<input type="text" value="."/>	Peso Lleno	<input type="text"/>
<h2>FUENTE DE ALIMENTACION</h2>			
Entrada		Salida	
110 V A C (monofasica)		5.2 V C V	
60 Amperios		0 A 15 Amperios CC	
60 HZ			



Clorid	INSTALACION			
<p>Aplicación: Generación de hipoclorito de sodio para cloracion de agua</p> <p>Local:</p> <p>Unidades:</p> <p>Bacheo del sistema: Aprox. 30 litros / día</p> <p>Concentración de la solución de Hipoclorito generada en forma De cloro equivalente: De 12,5 gramos / litro</p> <p>Cantidad de cloro equivalente Necesario para el sistema: Aprox. 375 g / hora</p> <p>Alimentación de agua necesaria Para el sistema: Aprox. 30 litros / hora</p> <p>Control de producción: Timer automático</p> <p>Alimentación eléctrica: 110 Volts / 60 Hz /</p> <p>Capacidad de tratamiento de agua con Una dosificación 3 ppm de cloro activo inicial 125..000 de litros por día</p> <p>Dotación de agua por habitante 200 litros / día 625 habitantes</p>				



Clorid	DATOS DEL EQUIPO	
	Clorid L-30	
Modelo	:	Clorid L-30
Capacidad de producción	:	375 g/día de cloro activo Nominal
Modo de producción	:	Bacheo en 24 horas
Capacidad de producción	:	Variable en función de poder modificar la corriente
Rango de control de generación	:	20 – 100 %
Cloro activo	:	12,5 gramos / litro
Fuente de corriente continua	:	5.2 V / 15 A
Condiciones ambientales	:	
Temperatura	:	Máximo 45 ° C
Unidad	:	Máximo 95 %
Clima	:	Tropical
Clasificación de riesgo	:	No clasificada
Instalación	:	Albergado
Calidad de sal	:	Sal grado 1 KG/día
Consumo teórico	:	1 KG de sal / Kg. de cloro activo – 375g / día (para una operación de 24 horas en plena carga del equipo)
TRANSFORMADOR / RECTIFICADOR		
Circuito	:	Monofásico
Tensión de alimentación	:	110 V / 60 HZ
Tensión de salida	:	5,2 V
Corriente de salida	:	15 A
Requisitos de energía eléctrica		
Consumo Teórico	:	Aprox. 75 w/h.
Requisitos de alimentación de agua		
Presión	:	
Dureza	:	ate 50 ppm
Paso necesario	:	ate Bacheo
Nota: El agua debe ser filtrada y libre de residuos		
Recomendamos tener un espacio libre de 0,60 x 1,00 metro alrededor de cada Equipo para la circulación y el mantenimiento de este		

Clorid	Fotos	
		

Fuente: Clorid S.A (Fabricantes)

UNIVERSIDAD DE CUENCA

Anexo G. Registro fotográfico de toma de muestra y procedimientos.

- Toma de muestra del agua cruda.



Muestra de agua cruda en frasco limpio para análisis Físico químico.



Muestra de agua cruda en frasco estéril para análisis microbiológico.

UNIVERSIDAD DE CUENCA

- **Determinación de color.**



Colocación del tubo con la muestra frente a agua destilada



Comparación con la escala de color.

- **Determinación de turbiedad**



Colocación la frasco con la muestra en el celda y leer en el equipo

UNIVERSIDAD DE CUENCA

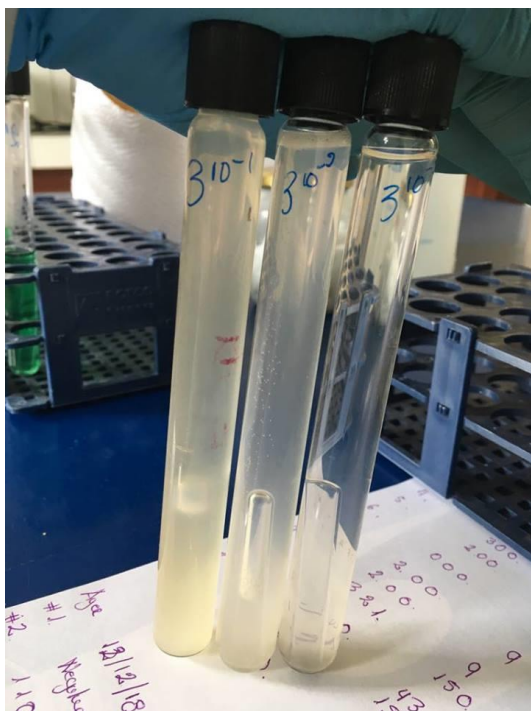
- Análisis microbiológico.



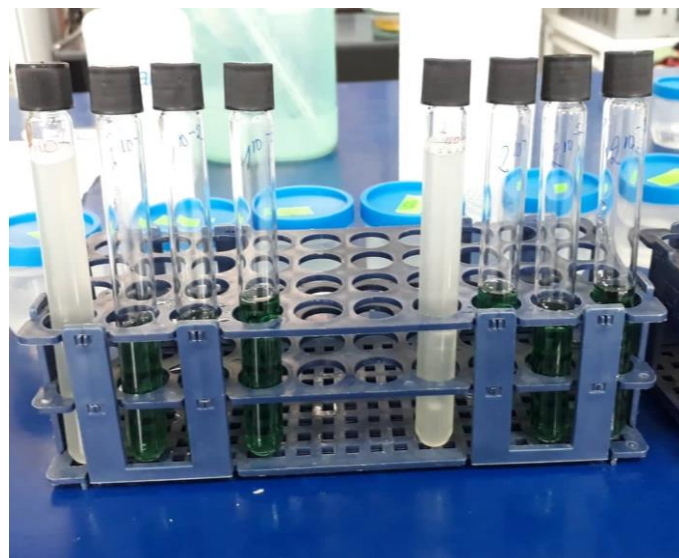
Siembra de agua en medios de cultivo de cada sector



Incubación de los tubos por 24h a 37°C



Lectura del cultivo microbiológico.



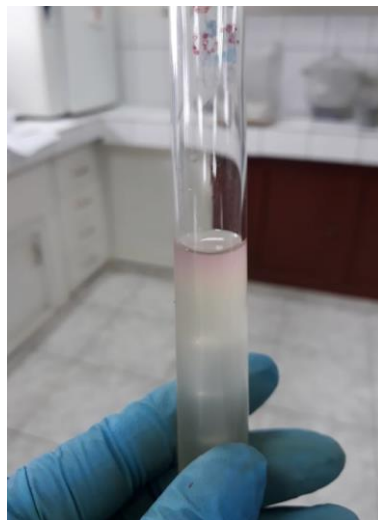
Siembra de tubos positivos en CBVB



Incubación de CBVB por 24h a 45°C



Lectura del cultivo microbiológico.



Prueba de Indol positivo (formación de anillo rojo)