



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE  
MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS  
REDES DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN PÚBLICA  
DEL ÁMBITO URBANO DEL DISTRITO EL MILAGRO,  
AMAZONAS, 2019**

**Autor: Bach. Jean Shino Montenegro Cruz**

**Asesor: Dr. Carlos Alberto Amasifuen Guerra**

**Reg(,...)**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2020**



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE  
MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL  
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS  
REDES DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN PÚBLICA  
DEL ÁMBITO URBANO DEL DISTRITO EL MILAGRO,  
AMAZONAS, 2019**

**Autor: Bach. Jean Shino Montenegro Cruz**

**Asesor: Dr. Carlos Alberto Amasifuen Guerra**

**Reg(...)**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Al Creador, por haberme brindado la razón de vivir y permitirme el haber llegado hasta esta etapa tan importante de mi formación profesional. A mi Madre y hermanos por estar siempre a mi lado y por demostrarme siempre su cariño y apoyo ilimitado sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A mi Padre y hermano a pesar de no encontrarnos físicamente, siento que están conmigo y aunque nos faltaron demasiadas cosas por pasar juntos, sé que en ésta etapa en la cual me encuentro hubiera sido tan especial para ustedes como para mi persona

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar el sincero agradecimiento a los docentes de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, personas de gran sabiduría quienes me brindaron sus sabias enseñanzas.

Al Dr. Carlos Alberto Amasifuen Guerra por su apoyo incondicional, por sus orientaciones cognitivas, científicas y técnicas en la condición de asesor en la conducción del proceso de investigación científica, que al final ha permitido terminar con éxito mi carrera profesional de Ingeniería Ambiental y optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

De manera especial a los honorables miembros del jurado Dra. Cástula Alvarado Chuqui, Ing. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje y a la Ing. Damaris Leiva Tafur, por sus aportes y recomendaciones, para mejorar el trabajo de investigación científica. A ellos por siempre.

Asimismo, al biólogo Jesús Rascón Barrios, responsable del Laboratorio de Suelos y Aguas de la UNTRM, quien me brindó todas las facilidades para analizar los parámetros de las muestras del agua.

A la ingeniera Lily del Pilar Juárez Contreras, por todas las enseñanzas brindadas en el manejo de los instrumentos y equipos del laboratorio y de esta manera obtener mis resultados.

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**DR. POLICARPIO CHAUCA VALQUI  
RECTOR**

**DR. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN  
VICERRECTOR ACADÉMICO**

**DRA. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN  
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

**M.Sc. EDWIN ADOLFO DÍAZ ORTIZ  
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

## **VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS**

En mi calidad de docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, yo Dr. Carlos Alberto Amasifuen Guerra, que suscribo, hago constar que he asesorado la ejecución y elaboración del informe de la tesis titulada “Evaluación de la calidad del agua de las redes de captación y distribución pública del ámbito urbano del distrito El Milagro, Amazonas, 2019” del tesista Jean Shino Montenegro Cruz, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, de la UNTRM - Amazonas.

Chachapoyas, Julio del 2020



---

Dr. Carlos Alberto Amasifuen Guerra

Asesor

**JURADO EVALUADOR**



---

**DRA. CÁSTULA ALVARADO CHUQUI**  
**PRESIDENTE**



---

**ING. JEFFERSON FITZGERALD REYES FARJE**  
**SECRETARIO**



---

**ING. DAMARIS LEIVA TAFUR**  
**VOCAL**



**ANEXO 3-K**

**DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

Yo Juan Shino Montenegro Cruz  
identificado con DNI N° 71069962 Estudiante( )/Egresado (x) de la Escuela Profesional de  
INGENIERIA AMBIENTAL de la Facultad de:  
INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL  
de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

**DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:**

1. Soy autor de la Tesis titulada: "Evaluación de la Calidad del agua de las redes de captación y distribución pública del ámbito urbano del distrito El Milagro, Amazonas - 2019".

que presento para  
obtener el Título Profesional de: INGENIERO AMBIENTAL

2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La Tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La Tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Título Profesional, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la Tesis para obtener el Título Profesional haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 07 de septiembre de 2020

  
Firma del(a) tesista



**ANEXO 3-N**

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día Jueves de 18 de junio del año 2020, siendo las 8:00 pm horas, el aspirante Jean Shino, Montenegro Cruz defiende en sesión pública la Tesis titulada: 'Evaluación de la calidad del agua de las redes de captación y distribución pública del ámbito urbano del distrito El Milagro, Amazonas, 2019'

para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente : Dra. Castula Alvarado Chuqui  
Secretario : Ing. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje  
Vocal : Ing. Damaris Leiva Tafur



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determino la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (  )                      Desaprobado (  )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 8:40 p.m. horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS .....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS.....	vi
JURADO EVALUADOR .....	vii
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO.....	viii
ACTA DE EVOLUCIÓN Y SUSTENTACIÓN DE TESIS .....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
2.1 Área de Estudio .....	20
2.1.1 Población .....	20
2.1.2 Muestra .....	20
2.1.3 Muestreo .....	21
2.2 Metodología .....	21
2.2.1 Trabajo de Campo .....	21
2.2.2 Toma de muestras .....	22
2.2.3 Acondicionamiento, preservación y traslado de muestras .....	23
2.3 Caracterización de los Parámetros del Agua .....	24
2.3.1 Determinación de pH (Método 4500-H <sup>+</sup> ; APHA, AWWA, WPFC: Electrodométrico) .....	24
2.3.2 Determinación de la conductividad eléctrica (Método 2510 B; APHA, AWWA, WPFC: Electrodométrico) .....	25
2.3.3 Determinación de cloro residual (Método Colorimétrico DPD) .....	26
2.3.4 Determinación de cloro total (Método Colorimétrico DPD) .....	27
2.3.5 Determinación de cloruros (Método 4500 - Cl <sup>-</sup> B APHA, AWWA, WEF) Cloruros: Es un compuesto natural presente en el agua, las concentraciones varían dependiendo de las fuentes de donde provenga, generalmente se combinan con, magnesio y sodio. ....	28
2.3.6 Determinación de color (Método colorímetro) .....	29

2.3.7 Determinación de alcalinidad (Método 2320B; APHA, AWWA: Titulación con HCl)	30
2.3.8 Determinación de dureza total (Titulación con EDTA)	31
2.3.9 Determinación de sulfatos (Método 375.4.EPA)	32
2.3.10 Determinación de amoníaco (Método 4500 NH <sub>3</sub> C. APHA.AWWA. WPFC)	34
2.3.11 Determinación de turbiedad (Método Turbidímetro)	35
2.3.12 Determinación de coliformes totales, termotolerantes y <i>Escherichia coli</i>	36
2.4 Análisis de datos .....	42
<b>III. RESULTADOS</b> .....	44
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	52
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	57
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	58
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	59
<b>ANEXOS</b> .....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación de los puntos de muestreo .....	21
Tabla 2: Nivel de significancia del Análisis de Varianza .....	44
Tabla 3: Comparación de los Parámetros de Control Obligatorio (PCO).....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del distrito El Milagro.....	20
Figura 2: Multiparámetro.....	25
Figura 3: Medición de Conductividad.....	26
Figura 4: Medición de Cloro libre.....	27
Figura 5: Equipo Colorímetro.....	28
Figura 6: Titulación con $\text{AgNO}_3$ .....	29
Figura 7: Medición del color.....	30
Figura 8: Muestra con rojo metilo+verde de bromocresol.....	31
Figura 9: Titulación con EDTA.....	32
Figura 10: Análisis de la muestra.....	33
Figura 11: Ubicación de la muestra en la celda.....	35
Figura 12 Celdas con muestra.....	36
Figura 13: Pipeteo de lauril sulfato.....	38
Figura 14: Inoculación en lauril sulfato.....	39
Figura 15: Lectura de coliformes totales.....	40
Figura 16: Inoculación de la muestra en EC.....	41
Figura 17: Placa Petri con presencia de <i>Escherichia coli</i> .....	42
Figura 18: Valores de pH, en tiempo y espacio evaluado.....	44
Figura 19: Valores de turbiedad, en tiempo y espacio evaluado.....	45
Figura 20: Valores de conductividad eléctrica, en tiempo y espacio evaluado.....	45
Figura 21: Valores de alcalinidad, en tiempo y espacio evaluado.....	46
Figura 22: Valores de cloruros, en tiempo y espacio evaluado.....	46
Figura 23: Valores de dureza, en tiempo y espacio evaluado.....	46
Figura 24: Valores de sulfatos, en tiempo y espacio evaluado.....	47
Figura 25: Valores de amoníaco, en tiempo y espacio evaluado.....	47
Figura 26: Valores de color, en tiempo y espacio evaluado.....	48
Figura 27: Valores de cloro total, en tiempo y espacio evaluado.....	48
Figura 28: Valores de cloro residual, en tiempo y espacio evaluado.....	49
Figura 29: Valores de coliformes totales, en tiempo y espacio evaluado.....	49
Figura 30: Valores de coliformes fecales, en tiempo y espacio evaluado.....	49
Figura 31: Valores de <i>Escherichia coli</i> , en tiempo y espacio evaluado.....	50
Figura 32: Etapas del sistema de agua potable.....	51

Figura 33: Tubería expuesta agua potable.....	51
Figura 34: Deslizamiento en la infraestructura de sedimentación.....	51

## RESUMEN

El agua potable es el recurso indispensable para asegurar la calidad de vida de las personas. En el distrito El Milagro, el agua proporcionada a la población presenta características de turbiedad que cuestionan su calidad. En tal sentido, el informe de calidad del agua del distrito El Milagro generado por la Micro Red, en el año 2018, indica 565 casos de enfermedades gastrointestinales, que según la (OMS) y el (MINSA), están vinculadas a la calidad del H<sub>2</sub>O que se consume. Ante esta situación, los ciudadanos deben realizar un tratamiento previo al agua antes de su consumo. En este contexto, este estudio se desarrolló con el objetivo de evaluar la calidad del agua del distrito El Milagro. Se tomó muestras de H<sub>2</sub>O en las zonas estratégicas del sistema de agua, una en la red de captación y tres en la red de distribución, en (enero, febrero y marzo del 2019). Se evaluaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos, de las muestras de agua, siguiendo los lineamientos de las guías de Evaluación de (APHA), así como (AWWA), y (WPFC). Los valores de los parámetros fueron comparados con aquellos establecidos en la normativa nacional vigente. En todas las zonas de muestreo y en cada uno de los momentos de evaluación, los parámetros de control obligatorio no cumplen con los rangos establecidos en el Decreto Supremo 031-2010-SA, a excepción del pH. El agua que se distribuye en el distrito El Milagro no se puede calificar como potable.

**PALABRAS CLAVES:** CARACTERIZAR, PARÁMETROS, CALIDAD, COMPARAR

## **ABSTRACT**

Drinking water is the essential natural resource to ensure the quality of life of people. In the El Milagro district, the water provided to the population presents turbidity characteristics that question its quality. In this sense, the water quality report of the El Milagro district generated by the Micro Red, in 2018, indicates 565 cases of gastrointestinal diseases, which according to the (WHO) and (MINSA), are linked to the quality of the H<sub>2</sub>O that is consumed. Faced with this situation, citizens must pre-treat the water before it is consumed. In this context, this study was developed with the objective of evaluating the water quality of the El Milagro district. H<sub>2</sub>O samples were taken in strategic areas of the water system, one in the catchment network and three in the distribution network, in (January, February and March 2019). Physical, chemical and microbiological parameters of the water samples were evaluated, following the guidelines of the Evaluation guides of (APHA), as well as (AWWA), and (WPFC). The values of the parameters were compared with those established in current national regulations. In all sampling areas and at each of the evaluation moments, the mandatory control parameters do not comply with the ranges established in Supreme Decree 031-2010- SA, with the exception for pH. The water distributed in the El Milagro district cannot be classified as potable.

**KEY WORDS: CHARACTERIZE, PARAMETERS, QUALITY, COMPARE**

## INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la salud de toda sociedad, dado que se relaciona de forma directa con todas las actividades de la vida diaria del ser humano, como el alimento, el aseo, la salud, entre otras. En el mundo, a pesar de las grandes transformaciones tecnológicas y esfuerzos que ha tenido el ser humano para que sus derechos fundamentales sean reconocidos, aún persisten grandes deficiencias en cuanto al acceso al agua de calidad (OMS, 2019). En tal sentido, el tener agua potable es una cuestión que preocupa por su efecto en la salud de la población, por ejemplo, se conoce que a través del agua se transmiten agentes infecciosos y productos químicos tóxicos, que son determinantes para la salud de las personas (OMS, 2018).

Varios estudios sobre la problemática de la calidad del H<sub>2</sub>O de las redes de servicio público han sido realizados en diferentes partes del mundo, con bastante intensidad en los países subdesarrollados de Latinoamérica. Por ejemplo, en Centroamérica, Hernández, Chamizo & Mora (2011), evaluaron la calidad del agua de consumo humano y salud en las ciudades de San Vicente, y Colón de ciudad Quezada, en Costa Rica, determinando que las condiciones de los sistemas de abastecimiento no son óptimas, sobre todo en zonas donde el acueducto es obsoleto y evidencia numerosos puntos críticos. Los autores determinaron que la población presenta una alta vulnerabilidad de tener infecciones transmitidas por el agua. Asimismo, en el municipio de Guaimaca, Honduras, Leiva (2010) encontró que existe la presencia de contaminación por heces en las fuentes de agua potable, representando un riesgo a la salud humana.

También en Sudamérica se ha evaluado esta problemática. En Colombia se han realizado varios estudios como el de Petro & Wees (2014), quienes evaluaron diversos parámetros en la red de distribución del agua en el municipio de Turbaco-Bolívar, encontrando que el agua no cumple al cien por ciento con las normativas reglamentadas para las características fisicoquímicas y microbiológicas, por lo que no es aconsejable tomarla directamente, preparar comidas o usarla en la higiene personal. También González (2013), evaluó el sistema de abastecimiento de agua potable y disposición de excretas de la localidad de Monterrey, encontrando que el agua proporcionada a esta comunidad no es adecuada para consumo humano por su alto contenido de *Escherichia coli*, coliformes

fecales y elevada turbiedad. Una limitada calidad del agua potable también fue registrada por Pérez (2010), en la ciudad de Yopal.

En nuestro país, el problema de la calidad del agua del servicio público es generalizado y muy crítico en los distritos más alejados de los grandes centros urbanos. Por ejemplo, Cava & Ramos (2016) realizaron una evaluación física, química y microbiológica del agua para consumo humano, en la localidad Las Juntas, departamento de Lambayeque, encontrando que varios parámetros excedían los Límites Máximos Permisibles (LMP), tales como cloruros, magnesio, conductividad eléctrica, coliformes termotolerantes, entre otros. Estos hallazgos permitieron poner en conocimiento el posible daño a la salud que puede ocasionar el consumo de esta agua, y constatar que el tratamiento del agua utilizado no es el adecuado, por lo que propusieron la electrodiálisis reversible como método de tratamiento.

En todos los casos mencionados, se concluye que los sistemas de tratamiento al agua de consumo no son eficientes debido a varios problemas técnicos que incluyen desde un mal diseño en la captación del sistema de abastecimiento hasta la falta de mantenimiento y renovación de las estructuras. Esta problemática afecta también al distrito El Milagro, provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas, y ha sido corroborada por el informe del Centro de Salud Micro Red El Milagro, con datos colectados de enero a octubre del 2018. Este informe indica 565 casos de enfermedades gastrointestinales relacionadas, de acuerdo a Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Ministerio de Salud (MINSU), a la deficiente calidad del agua. En tal sentido, esta Red de Salud realizó monitoreos de la calidad del agua en el 2018, para evaluar parámetros microbiológicos, físicos y químicos. Sin embargo, estas evaluaciones presentan ciertas deficiencias, puesto que no se realizaron de manera periódica, no implicó la medición regular de todos los parámetros, y solo constituyen reportes técnicos que no repercuten en mayor análisis sobre el origen de la contaminación, ni se tienen en cuenta las variaciones temporales y/o espaciales de estos parámetros en toda la red.

Puesto que la salud pública se está viendo afectada por lo que sería un servicio de agua poco eficiente, es de mucha importancia realizar la evaluación de la calidad del agua de consumo en el ámbito urbano del distrito El Milagro. El presente estudio se desarrolló con el objetivo de saber la calidad del H<sub>2</sub>O de las redes de captación y distribución pública

en el ámbito urbano del distrito El Milagro, provincia de Utcubamba, Amazonas. Se realizó la caracterización de las muestras de agua, y los datos fueron analizados en función a la normativa nacional vigente sobre calidad del recurso hídrico, y se describieron los factores de infraestructura de la planta de tratamiento de agua potable del distrito El Milagro. Este estudio servirá como una herramienta de consulta sobre la problemática de la calidad del agua del servicio público en la localidad El Milagro, para ayudar a la mejora de la gestión de este servicio.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudio

Se realizó en el distrito El Milagro, provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas. Esta localidad está ubicada en las coordenadas 770489 Este y 9376316 Norte, a 396 msnm, en la parte nor-oriental del Perú, a la parte izquierda de las orillas del río Utcubamba (MDEM-2015).

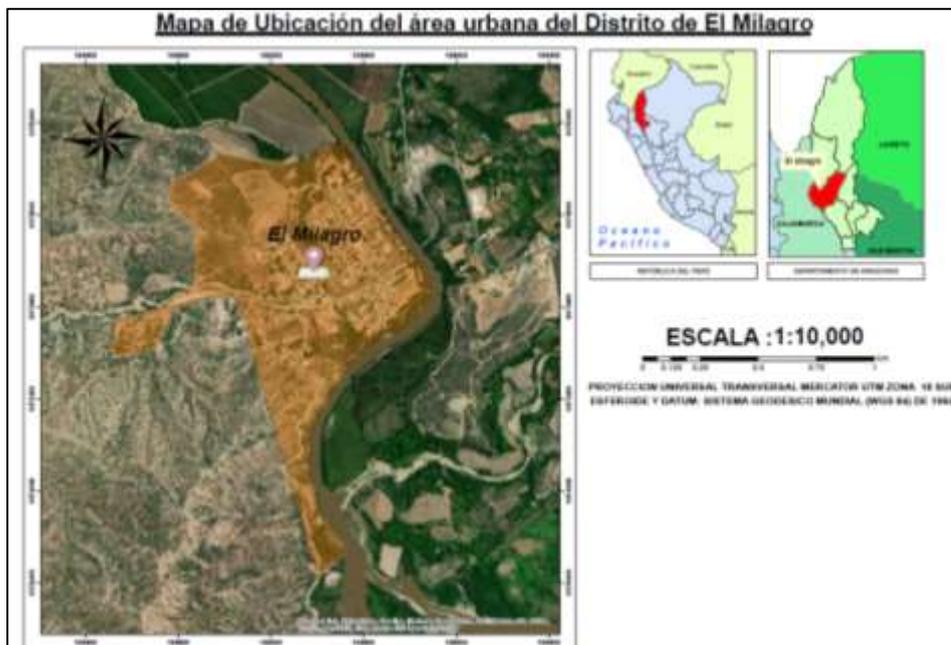


Figura 1: Ubicación del distrito El Milagro

(Fuente: Elaboración Propia)

#### 2.1.1 Población

No aplica para el presente estudio, puesto que el problema de investigación se ha delimitado a todo el sistema de abastecimiento de H<sub>2</sub>O para consumo humano del ámbito urbano del distrito El Milagro.

#### 2.1.2 Muestra

Se colectaron doce muestras, tres obtenidas de la zona de captación y nueve de la red de distribución del sistema de abastecimiento de H<sub>2</sub>O de El Milagro. Una muestra consistía en 1000 mililitros para análisis físico-químico y 250 mililitros para análisis microbiológico. Todos los parámetros fueron caracterizados en el Laboratorio de Aguas y Suelos del INDES-CES-UNTRM.

### 2.1.3 Muestreo

Los muestreos fueron realizados en cuatro puntos estratégicos y representativos del sistema de abastecimiento de agua de El Milagro, en los meses de enero, febrero y marzo del 2019. Un punto de muestreo estuvo ubicado en la zona de captación, y tres en viviendas diferentes de la red de distribución: primera vivienda que contaba con el servicio, la vivienda de la zona intermedia, y la vivienda más lejana de la red. El muestreo permitió medir parámetros físico-químicos, tales como turbiedad, color, conductividad, pH, cloro residual, cloro total, dureza, alcalinidad, cloruros, sulfatos, amoníaco, y microbiológicos como coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*.

## 2.2 Metodología

### 2.2.1 Trabajo de Campo

Para la ejecución del trabajo de campo, se consideraron criterios plasmados en la Resolución Directoral N°160-2015/DIGESA/SA (DIGESA, 2015).

#### A. Puntos de muestreo

La localización de los lugares de recolección de las muestras de agua, en el sistema de abastecimiento de H<sub>2</sub>O para consumo humano del distrito El Milagro se realizó en la zona de captación, y en tres viviendas de la red de distribución: primera vivienda, vivienda intermedia y última vivienda (Tabla 1).

Tabla 1: Puntos de muestreo de agua

UBICACIÓN	ALTITUD (msnm)	COORDENADAS EN UTM	
		ESTE	NORTE
ZONA DE CAPTACIÓN	414	783865	9400699
PRIMERA VIVIENDA	431	770103	9375988
VIVIENDA INTERMEDIA	412	770343	9376180
ÚLTIMA VIVIENDA	396	770561	9376430

Fuente: Elaboración Propia

## **2.2.2 Toma de muestras**

### **A. Consideraciones generales**

- El punto de muestreo se identificó, y se determinó su ubicación mediante un equipo de sistema de posicionamiento satelital (GPS), registrándose en coordenadas UTM.
- Se utilizó una indumentaria de protección personal, constituida por chaleco, pantalón, guantes de jebe.
- Los lugares de muestreo seleccionados de la red de distribución fueron: la primera vivienda que cuenta con el servicio, una vivienda que se encuentra en la zona intermedia del distrito, y la vivienda más lejana del distrito. Estos tres puntos estuvieron conectados directamente con la red de distribución, es decir, que el ramal de la cañería no estuvo conectado con ningún elemento que genere alteraciones en el H<sub>2</sub>O.
- Se verificó que no existiera derrames a través de los sellos o empaquetaduras de las piletas.
- Se abrió la llave y se dejó fluir el H<sub>2</sub>O durante 180 segundos, antes de tomar la muestra.

### **B. Consideraciones para la toma de muestras microbiológicas**

- Para la toma de muestra se empleará guantes de jebe preliminarmente desinfectados con alcohol.
- Se evitó rozar el interior del frasco o la cara interna del tapón, sujetando éste con la mano mientras se ejecutaba el muestreo, sin colocarlo sobre cosas que lo pueda alterar sus condiciones.
- Mientras se tenía la tapa en la mano, se puso rápidamente el frasco debajo del chorro de agua, dejando un pequeño espacio de aire que facilitó la agitación durante la etapa de caracterización.

### **C. Consideraciones para la toma de muestras organolépticas**

- Se enjuagó dos veces los depósitos de muestreo con el agua que se recolectó, con el objetivo de eliminar posibles sustancias existentes en su interior, se agitó y se desechó el agua.
- Se llenó el frasco dejando un límite para agitar al momento de caracterizar el agua.

### 2.2.3 Acondicionamiento, preservación y traslado de muestras

#### A. Rotulado

- Los frascos se identificaron antes de realizar la toma de muestras, escrita con letra clara, con plumón de tinta indeleble, sin borrones ni enmendaduras, la cual estuvo cuidada con cinta transparente con los siguientes datos:

- Código de identificación de campo
- Coordenadas
- Localidad, distrito, provincia, región
- Lugar de Muestreo
- Fecha y hora
- Tipo de análisis requerido
- Muestreador

#### B. Protección y traslado de muestras

Las muestras colectadas se colocaron en termos para su traslado, aisladas de la luz solar, y con material refrigerante.

#### C. Elección de los parámetros a evaluar

Los parámetros a evaluar fueron elegidos en base al artículo 63° del Decreto Supremo 031-2010-SA, que hace referencia a los parámetros obligatorio para análisis de calidad de agua, los cuales son: turbiedad, pH, coliformes totales, coliformes termotolerantes, color y residual de desinfectante (D.S 031-2010-SA). Para fortalecer la investigación, se incorporaron al análisis los parámetros de conductividad, cloruros, dureza, alcalinidad, sulfatos, amoniac, cloro total, que también se muestran en el mencionado Decreto Supremo. Además de los parámetros microbiológicos antes mencionados, se consideró el parámetro microbiológico de *Escherichia coli*.

Para realizar la caracterización de parámetros físicos (turbiedad, color, conductividad), químicos (pH, cloro residual, cloro total, dureza, alcalinidad, cloruros, sulfatos, amoniac) y microbiológicos (coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*) se ha seguido los procedimientos empleados por las Normas Internacionales APHA, AWWA, WPCF. Los análisis de estos parámetros se realizaron en el Laboratorio de Suelos y Aguas del INDES-CES de la UNTRM.

## 2.3 Caracterización de los Parámetros del Agua

### 2.3.1 Determinación de pH (Método 4500-H<sup>+</sup>; APHA, AWWA, WPFC:

#### Electrodométrico)

**pH:** Es una manera de expresar la concentración de iones hidrógeno o más exactamente de su actividad. Se utiliza generalmente para determinar la magnitud de las condiciones ácidas o alcalinas de una sustancia. La escala va desde 0-14 y 7 representa su neutralidad (Pérez, 2010).

#### Materiales

- 01 Beakers de 100 mL
- 01 multiparámetro HQ 40d
- Agua destilada

#### Análisis de la muestra

Se realizó el siguiente procedimiento:

- a. Se agitó la muestra y se colocaron 100 mL de la misma en un beakers
- b. Se enjuagó con agua destilada el electrodo y se secó con papel toalla, una vez limpio fue sumergido en el beaker
- c. Se presionó el botón medir y se esperó para que se normalice la lectura en la pantalla. Se registró el dato de pH en el cuaderno de apuntes. Repetimos el proceso para confirmar el valor
- d. Luego se sacó el electrodo, enjuagando con agua destilada y secando con papel toalla. Finalmente introducimos el sensor en la solución de cloruro de potasio 3M, para no deteriorar y finalmente colocar el bulbo protector



Figura 2: Multiparámetro usado para la medición de pH

### **2.3.2 Determinación de la conductividad eléctrica (Método 2510 B; APHA, AWWA, WPCF: Electrodoméstico)**

**Conductividad eléctrica:** Es la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para transportar corriente (Cava & Ramos, 2016).

#### **Materiales**

- 01 Beakers de 100 mL
- 01 multiparámetro HQ 40d
- Agua destilada

#### **Análisis de la muestra**

- a. Se agitó la muestra y se colocó 100 mL de la misma en un beaker
- b. Se enjuagó el electrodo y se secó con papel toalla. Seguidamente se introdujo el electrodo limpio al beaker
- c. Se presionó el botón de medición y se esperó a que se establezca la lectura en la pantalla. Se registró el dato de conductividad en el cuaderno de apuntes. Se volvió a realizar el procedimiento para confirmar el valor
- d. Se anotó el resultado expresado en  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- e. Luego se sacó el electrodo, enjuagando con agua destilada y secando con papel toalla. Finalmente introducimos el sensor en la solución de cloruro de potasio 3M, para no deteriorar y finalmente colocar el bulbo protector



Figura 3: Medición de Conductividad eléctrica

### 2.3.3 Determinación de cloro residual (Método Colorimétrico DPD)

**Cloro Residual:** Es la concentración de  $\text{Cl}^-$  presente en el agua, tras la dosificación considerada y transcurrido el tiempo de contacto necesario para realizar su acción oxidante.

#### **Materiales**

- 01 celda de vidrio
- 01 pastilla DPD1
- Colorímetro Pocket Colorimeter II
- Agua destilada

#### **Análisis de la muestra**

- a. Se añadió 5 mL de blanco de muestra en una celda
- b. Se retiró la tapa del instrumento y se colocó el blanco de muestra en el soporte portacubetas, con la marca del diamante mirando hacia el teclado, seguidamente se colocó la tapa del instrumento sobre la celda.
- c. Se pulsó la tecla Zero hasta que la pantalla indicara '0'
- d. Se llenó otra celda con muestra de agua y se añade un sobre de reactivo de cloro libre DPD1 en polvo, se colocó la tapa de la celda y se agitó por 20 segundos con cuidado (si existe cloro se formará un color rosado)

- e. Se colocó la celda con la muestra preparada en el soporte portacubetas y se colocó la tapa del instrumento sobre la celda
- f. Finalmente se presionó la tecla leer para visualizar la concentración de cloro residual en mg/l.



Figura 4: Medición de Cloro libre

#### 2.3.4 Determinación de cloro total (Método Colorimétrico DPD)

**Cloro Total:** Es el resultado de la suma de cloro combinado y cloro libre (IMTA, 1991).

##### **Materiales**

- 01 celda de vidrio
- 01 pastilla DPD3
- Colorímetro Pocket Colorimeter II
- Agua destilada

##### **Análisis de la muestra**

- a. Se añadió 5 mL de blanco de muestra en una celda
- b. Se retiró la tapa del instrumento y se colocó el blanco de muestra en el soporte portacubeta, con la marca del diamante mirando hacia el teclado, seguidamente se colocó la tapa sobre la celda
- c. Se pulsó la tecla Zero, y la pantalla indicará '0'

- d. Se llenó otra celda con muestra de agua y se añadió un sobre de reactivo de  $\text{Cl}^-$  total DPD3 en polvo, se colocó la tapa de la celda y se agitó por 20 segundos con cuidado (cuando el cloro estaba presente, se formaba un color rosado)
- e. Se colocó la celda con la muestra preparada en el soporte portacubetas y se colocó la tapa sobre la celda
- f. Finalmente se presionó la tecla leer para visualizar la concentración de cloro total en mg/l



Figura 5: Equipo Colorímetro

### 2.3.5 Determinación de cloruros (Método 4500 - $\text{Cl}^-$ B APHA, AWWA, WEF)

**Cloruros:** Es un compuesto natural presente en el agua, las concentraciones varían dependiendo de las fuentes de donde provenga, generalmente se combinan con, magnesio y sodio.

#### **Materiales**

- Matraz de 250 mL
- Probeta de 120 mL
- Bureta de 30 mL
- Pipeta graduada 5 mL
- Puntas de pipeta
- Agua destilada

- Solución de nitrato de plata
- Indicador dicromato de potasio al 5%

#### **Análisis de la muestra**

- Se tomó 100 ml y se insertó en un matraz
- Se añadió 03 gotas del indicador Dicromato de potasio al matraz
- Luego se tituló con la Solución estándar  $\text{AgNO}_3$  0,01N agitando hasta que la muestra cambiara de color amarillo a rojo ladrillo
- Finalmente se escribió el volumen de  $\text{AgNO}_3$  gastado en la titulación



Figura 6: Titulación con  $\text{AgNO}_3$

#### **2.3.6 Determinación de color (Método colorímetro)**

**Color:** Éste parámetro en el  $\text{H}_2\text{O}$  se da en consecuencia por la presencia de distintas concentraciones de metales, humus y materia orgánica disuelta (Severiche, Castillo & Acevedo, 2013).

#### **Materiales**

- 01 celda de vidrio
- Colorímetro HACH DR 900
- Agua destilada

#### **Análisis de la muestra**

- Se añadió 5 mL de blanco de agua destilada en una celda
- Se retiró la tapa del instrumento y se colocó el blanco de muestra del soporte portacubetas, y se colocó la tapa sobre la celda

- c. Se pulsó la tecla Zero, hasta que la pantalla indicara '0'
- d. Se llenó otra celda con muestra de agua, seguidamente se colocó la tapa de la celda, se insertó en el soporte portacubetas.
- e. Finalmente se presionó la tecla leer para visualizar en la pantalla el color en unidades de Platino-Cobalto Pt/Co
- f. El resultado se anotó en el cuaderno de apuntes



Figura 7 Medición del color

### 2.3.7 Determinación de alcalinidad (Método 2320B; APHA, AWWA:

#### Titulación con HCl)

**Alcalinidad:** Es la capacidad de los solutos de reaccionar con un ácido y neutralizarlo. Éste parámetro depende mucho de las concentraciones de bicarbonato, carbonatos e hidróxidos.

#### Materiales

- Matraz de 250 ml
- Probeta de 100 ml
- Bureta de 25 ml
- Agua destilada
- Ácido clorhídrico 0.01 N
- Indicador Rojo de Metilo + Verde de Bromocresol

#### Análisis de la muestra

- a. Se agregó 100 ml de la muestra a un matraz

- b. Se adicionaron 3 gotas del indicador de una mezcla de Rojo de Metilo y Verde de bromocresol a la muestra
- c. Luego se tituló con la Solución HCl 0,01 N hasta que cambiara del color azul a rojo canela
- d. Finalmente se escribió en el cuaderno de apuntes la cantidad del HCl gastado.



Figura 8: Análisis del H<sub>2</sub>O

### 2.3.8 Determinación de dureza total (Titulación con EDTA)

**Dureza:** Es la presencia de los iones de calcio y magnesio en una cantidad de H<sub>2</sub>O evaluada (Pérez, 2010).

#### **Materiales**

- Matraz de 250 mL
- Pipeta de 5 mL
- Probeta de 100 mL
- Bureta de 25 mL
- Agua destilada
- Solución de EDTA 0.02N
- Buffer dureza (NH<sub>4</sub>Cl/NH<sub>4</sub>OH)
- Negro de Eriocromo (NET)

#### **Análisis de la muestra**

- a. Se agregó 100 ml del H<sub>2</sub>O en un matraz

- b. Se adicionó 2 ml de Buffer Dureza y una pizca de NET a la muestra
- c. Seguidamente se procedió a titular con la solución estándar de EDTA 0,02 N hasta que cambiara de color fucsia hacia el color azul
- d. Finalmente se escribió en el cuaderno de apuntes la cantidad de EDTA gastado



Figura 9: Titulación con EDTA

### 2.3.9 Determinación de sulfatos (Método 375.4.EPA)

**Sulfatos:** Son sales que están presentes en el H<sub>2</sub>O y tienen en común la presencia del ión sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

#### **Materiales**

- Fiolas
- Pipeta graduada
- Puntas de pipeta
- Celdas de vidrio
- Espectrofotómetro
- Solución amortiguadora de sulfatos
- Cloruro de bario
- Agua destilada

#### **Análisis de la muestra**

- a. Se encendió el espectrofotómetro 20 minutos antes de realizar las lecturas

- b. Se tomó 100 ml del H<sub>2</sub>O y se colocó en un vaso de precipitación debidamente rotulado, en un vaso adicional, se rotuló “BM” (Blanco de Muestra) y se adicionó 50 ml de la misma muestra a analizar
- c. Se añadió 5ml de solución acondicionadora de sulfato, además se colocó imanes idénticos para todas las muestras y se agitó con velocidad constante sin llegar a tener salpicaduras. En el punto que la solución resultante se encontraba homogénea se cronometró exactamente 60 segundos, se agregó una pizca de Cloruro de Bario gatillando en ese momento el cronómetro. Se tuvo en cuenta que al BM no se adicionó Cloruro de Bario
- d. Al término de los 60 segundos se puso en celdas diferentes 3.5 ml contenido de cada vaso, además ordenó de forma ascendente (BM,..40) y correlativo de las posiciones marcadas en el espectrofotómetro. Se realizó una lectura aproximadamente a los 03 minutos.
- e. En el espectrofotómetro se presionó Inicio SMART, seguidamente se seleccionó el programa SLFTST y se siguieron las instrucciones de pantalla (se presiona el número de muestras), luego se presionó CORRER ANÁLISIS. Finalmente se anotó el resultado.



Figura 10: Análisis de la muestra en un espectrofotómetro

### **2.3.10 Determinación de amoníaco (Método 4500 NH<sub>3</sub> C. APHA.AWWA. WPFC)**

**Amoníaco:** Es un gas incoloro, de olor muy penetrante, bastante soluble en agua, y en estado líquido es fácilmente evaporable (MTE, 2019).

#### **Materiales**

- Fiolas de 50 ml
- Celdas de vidrio
- Espectrofotómetro
- Agua destilada
- Reactivo Nessler
- Tartrato de sodio

#### **Análisis de la muestra**

- a. Se tomó 50 ml de muestra en una fiola y 50 ml de H<sub>2</sub>O destilada en otra
- b. Se añadió de 01 a 02 gotas de reactivo tartrato de sodio, se mezcló bien y se añadió 01 ml de reactivo de Nessler, se volvió a agitar lentamente y se dejó reaccionar por lo menos 30 minutos
- c. Se colocó en celdas diferentes 3.5 ml del contenido de cada fiola, luego se ubicó en orden ascendente (BR, M1, ..., M5) y correlativo (B, 1, ...,5) según lo que se encontraba marcado en el equipo
- d. Se colocó en el equipo las muestras en sus respectivas celdas. En el espectrofotómetro se presionó Inicio SMART, se eligió el programa NSSLRST y se siguieron las instrucciones de pantalla (se anota el número de muestras), finalmente se presionó CORRER ANÁLISIS
- e. Finalmente se anotó el resultado en las unidades mg/L



Figura 11: Ubicación de la muestra en la celda

### 2.3.11 Determinación de turbiedad (Método Turbidímetro)

**Turbiedad:** Es la propiedad óptica que tiene una muestra de agua de absorber o reflejar un haz de luz, impidiendo su paso directamente. Es causada por partículas en suspensión o coloides (arcilla, limo) (Pérez, 2010).

#### **Materiales**

- Celdas
- Agua destilada
- Turbidímetro HACH 2100Q
- Toalla saca brillo

#### **Análisis de la muestra**

- a. Se prendió el turbidímetro
- b. Se colocó 5 ml de agua destilada en una celda, seguidamente se retiró la tapa del instrumento y se colocó la celda en el soporte portacubetas, seguidamente se colocó la tapa sobre la celda
- c. Se presionó leer para visualizar en la pantalla 0 NTU
- d. Se agitó la muestra y se añadió 5 ml de la misma en una celda, la misma se colocó en el soporte portacubetas, seguidamente se colocó la tapa sobre la celda

- e. Finalmente se presionó la tecla medición y se dejó que se estableciera 5-10 segundos, seguidamente se procedió a anotar el resultado



Figura 12 Celdas con muestra

### 2.3.12 Determinación de coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*

Para poder determinar la presencia de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en el agua se utilizó el siguiente procedimiento:

#### A. Etapa presuntiva:

Se realizó la etapa presuntiva para tener seguridad de la existencia de coliformes en el H<sub>2</sub>O. El medio de cultivo fue lauril sulfato.

#### Materiales:

- Pipetas estériles de 10 mL
- Pipetas estériles de 1 mL
- Tubos de ensayo
- Pipeteador
- Placas Petri estériles
- Asas de siembra
- Beakers de 1 litro
- Gradillas

- Centrífuga
- Tubos Durham
- Autoclave
- Cámara de bioseguridad
- Refrigerador
- Incubadoras
- Guantes

### **Preparación del medio de cultivo lauril sulfato**

- Se colocaron 20 tubos de ensayo en una gradilla por cada muestra de agua a analizar, cabe recalcar que, de estos 20 tubos, 5 de ellos estuvieron con presencia de caldo lauril sulfato en doble concentración
- Se rotuló la gradilla, teniendo en cuenta el número de muestra, hora, fecha y medio de cultivo a preparar
- Se disolvió 37 gramos del medio de cultivo lauril sulfato en un beaker con 1 litro de agua destilada (para los tubos de doble concentración se agregan 74 gramos en un litro de agua destilada)
- Se colocó por 5 minutos dicho beaker en un centrífuga para que se homogenice la mezcla
- Se agregó 10 mL del caldo lauril sulfato en los tubos de ensayo, acompañado de un pequeño tubo de ensayo Durham
- Posteriormente se colocaron las tapas a los tubos de ensayo y algodón a los tubos que se encuentran con doble concentración del medio de cultivo
- Seguidamente se colocaron la gradilla con los tubos de ensayo en la autoclave, por un tiempo de 15 minutos a una temperatura de 121 °C
- Una vez terminado la esterilización del material, se colocó la gradilla en la nevera para posteriormente realizar la inoculación



Figura 13: Pipeteo de lauril sulfato

### **Inoculación de la muestra en caldo de lauril sulfato**

Para realizar la inoculación de la muestra de agua en el medio de cultivo de lauril sulfato se preparó lo siguiente:

- 1 frasco 'A' de vidrio con 60 ml de muestra
- 1 frasco 'B' de vidrio con 54 ml de H<sub>2</sub>O destilada, mezclada con 6 ml de H<sub>2</sub>O de frasco 'A'
- 1 frasco 'C' de vidrio con 54 ml de H<sub>2</sub>O destilada, mezclada con 6 ml de H<sub>2</sub>O del frasco 'B'
- 1 frasco 'D' de vidrio con 54 ml de agua destilada, mezclada con 6 ml de H<sub>2</sub>O del frasco 'C'. Todos estos frascos deben mantenerse en la cámara de bioseguridad
- Se prendió el mechero de alcohol, para evitar alguna contaminación, y seguidamente se procedió a realizar la inoculación
- Se agregó 10 mL del frasco 'A' en los 5 tubos de ensayo con doble concentración
- Se colocó 10 mL del frasco 'B' en 5 tubos de ensayo debidamente ordenados en la gradilla con una sola concentración
- Se agregó 10 mL del frasco 'C' en 5 tubos de ensayo debidamente ordenados en la gradilla con una sola concentración

- Se colocó 10 mL del frasco ‘D’ en 5 tubos de ensayo debidamente ordenados en la gradilla con una sola concentración
- De esa misma manera se llevó a cabo la inoculación para todas las muestras de la investigación
- Una vez realizada la inoculación en el medio de cultivo lauril sulfato, se procedió a dejarla en la incubadora a 37 °C por 24 horas
- Después de la incubación se seleccionaron tubos presuntivamente “positivos” principalmente en los que se observó turbiedad y burbujas en las campanas de fermentación de Durham
- Se escribió el total de tubos positivos de cada serie, y con esta secuencia se obtiene un número en la tabla del NMP presuntivo



Figura 14: Inoculación en lauril sulfato

## B. Prueba de confirmación

### Coliformes totales

Una vez realizada la lectura en las pruebas de lauril sulfato y observando la presencia de turbiedad se procedió a seguir con la inoculación en caldo Brilla para la confirmación de CT.

- Se acondicionó la misma cantidad de tubos con caldo brilla, como tubos presuntamente positivos se seleccionaron en lauril sulfato

- Se homogenizaron y se ordenaron de cada uno de los tubos presuntamente positivos con los tubos de brilla
- Se procedió a realizar la inoculación en la cámara de bioseguridad, 1 mL de caldo lauril sulfato a caldo brilla, no sin antes prender primero el mechero de alcohol para evitar cualquier contaminación y finalmente colocar los tubos Durahm
- Seguidamente realizada la inoculación de todas las muestras, se colocó en la incubadora a 37°C por 48 horas para su confirmación de la presencia de coliformes totales
- Una vez incubadas las muestras, se procedió a realizar la lectura de coliformes totales; es decir se constató la presencia de gas y turbiedad en los tubos que contenían el caldo brilla y se anotó en el cuaderno de apuntes

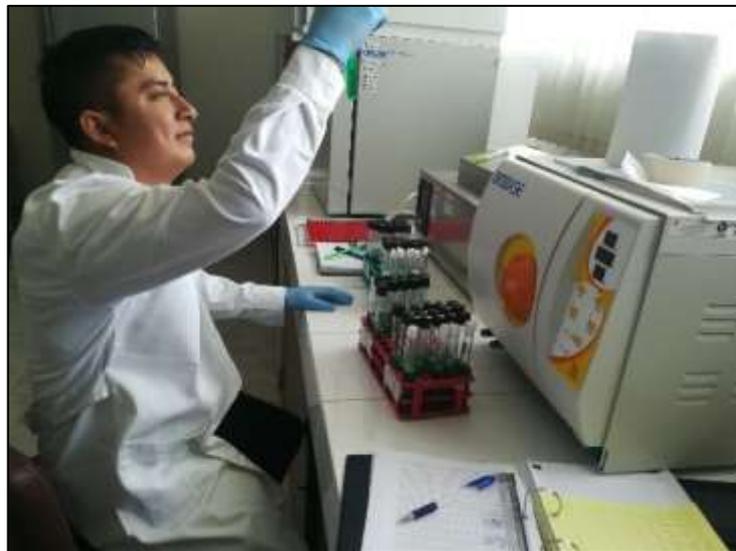


Figura 15: Lectura de coliformes totales

### **Coliformes termotolerantes**

Una vez realizada la lectura en las pruebas de lauril sulfato y observando la presencia de turbiedad y gas, se procedió a seguir con la inoculación en caldo EC para la confirmación de *C. termotolerantes*.

- Se acondicionó la misma cantidad de tubos con caldo EC como tubos presuntamente positivos hubo en lauril sulfato
- Se homogenizaron y se ordenaron de cada uno de los tubos presuntamente positivos con los tubos de EC

- Se procedió a realizar la inoculación en la cámara de bioseguridad, 1 mL de caldo lauril sulfato a caldo EC, no sin antes prender primero el mechero de alcohol para evitar cualquier contaminación y finalmente colocar los tubos Durahm
- Seguidamente realizada la inoculación de todas las muestras, se colocó en la incubadora a 44°C por 24 horas para su confirmación de la presencia de coliformes termotolerantes
- Una vez incubadas las muestras, se procedió a realizar la lectura de coliformes termotolerantes; es decir se constató la presencia de gas y turbiedad en los tubos que contenían el caldo EC y se anotó en el cuaderno de apuntes



Figura 16: Inoculación de la muestra de agua en EC

### ***Escherichia coli***

Una vez realizada la lectura del medio de cultivo de EC y observando la presencia de turbiedad y gas, se procedió a realizar la siembra en medio de cultivo EMB (placas Petri) para descartar la presencia de *Escherichia coli*.

- Se utilizaron dos placas Petri por cada muestra de agua
- La siembra se realizó en la cámara de bioseguridad para evitar cualquier contaminación
- Primero se rotuló con plumón indeleble la parte externa de la placa Petri, dividiendo en triángulos del mismo tamaño para la posterior siembra, se tiene que escribir el número de muestra, hora y fecha de la siembra

- De los tubos positivos de coliformes termotolerantes se realizó la siembra por estría en placas de EMB
- Seguidamente se procedió a incubar a 37 °C por 24 horas
- Una vez transcurrida la incubación se procede a dar lectura las placas, para la confirmación de *Escherichia coli* se consideró la existencia de crecimiento de colonias verde metálicas a negras, y la cantidad se coloca en el cuaderno de apuntes



Figura 17: Placa Petri con presencia de *Escherichia coli*

## 2.4 Análisis de datos

Se recogieron los resultados brindados por el laboratorio LABISAG (seis folios), para ello se elaboró un cuadro de doble entrada parámetros vs meses evaluados, seguidamente se obtuvo el promedio por cada punto evaluado. Los promedios de los parámetros fueron comparados con la normativa nacional vigente (Decreto Supremo 031-201-SA). El modelo estadístico que se empleó para el presente proyecto es el ANOVA, ya que es un método estadístico que nos permite determinar si varios conjuntos de muestras aleatorias de una establecida variable proceden de la misma población o de poblaciones distintas. Para el análisis de datos, se realizó el análisis de varianza de una sola cola mediante el programa Bio Estat, en la cual se concluyó que no existe diferencia significativa en los parámetros evaluados entre puntos de muestreo durante los tres meses de evaluación. En

consecuencia, el agua de consumo humano del distrito El Milagro en toda la red del servicio no es potable.

Los datos se han evaluado de manera descriptiva. Se obtuvieron los promedios y desviación estándar de cada uno de los parámetros evaluados, por cada punto de muestreo y en su totalidad y se han analizado en relación a lo establecido en la normatividad vigente del Perú.

Para poder determinar la calidad del H<sub>2</sub>O de las redes de captación y distribución pública del distrito El Milagro, se compararon los resultados de los parámetros de control obligatorio establecidos con la normativa nacional vigente, establecida en el artículo 63° del Decreto Supremo 031-2010-SA, las cuales son: (turbiedad, pH, coliformes totales, coliformes termotolerantes, color y residual de desinfectante) (D.S 031-2010-SA).

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Evaluación general de los parámetros

No se observaron diferencias significativas de los parámetros evaluados entre puntos de muestreo y en los tres meses de evaluación; como se presenta en la Tabla N° 2.

Tabla 2: Nivel de significancia del Análisis de Varianza de una cola de los parámetros evaluados en las muestras de agua entre puntos de muestreo por mes de evaluación

	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>
	<b>p-valor</b>	<b>p-valor</b>	<b>p-valor</b>
Parámetros obligatorios para agua potable (pH, Turbiedad, Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, Color, Cloro Residual, <i>Escherichia coli</i> )	0.5582	0.5164	0.214
Parámetros no obligatorios (conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, dureza, sulfatos, amoníaco, cloro total) para agua potable	0.9981	0.9972	0.9987
Total de parámetros	0.5407	0.6508	0.3285

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. Evaluación específica de cada uno de los parámetros evaluados

Cada uno de los parámetros tampoco presentó una diferencia significativa entre los puntos de muestreo y entre los meses de evaluación.

El **pH** no varía mucho en los diferentes puntos de muestreos y los meses evaluados, y están dentro de los límites que establece la normativa nacional.

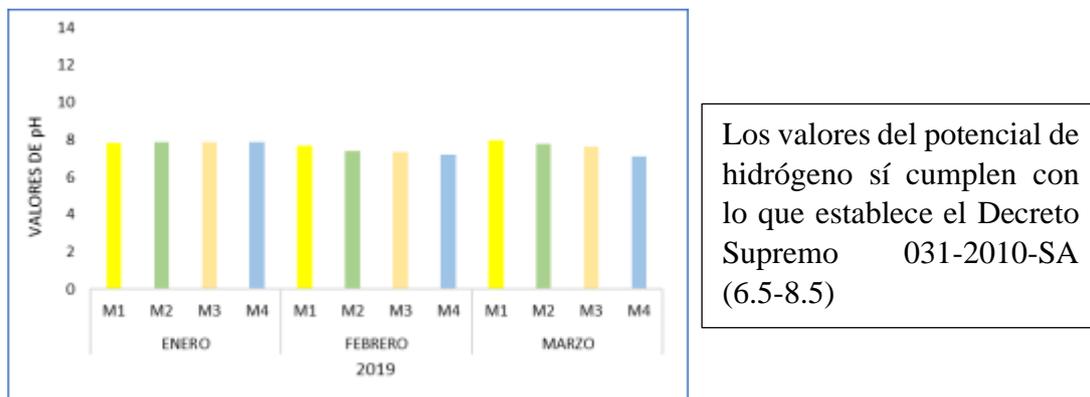
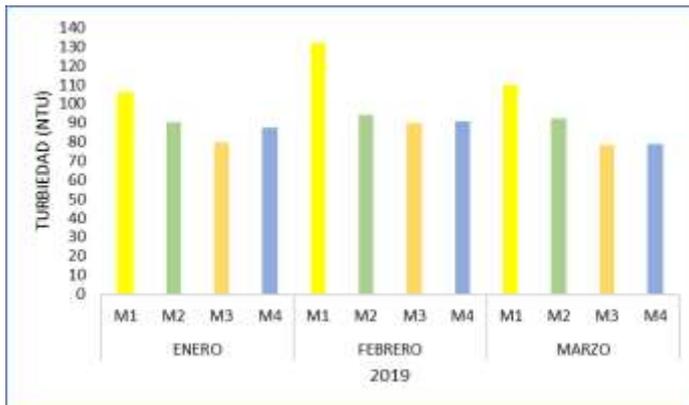


Figura 18: Valores de pH entre puntos de muestreo por mes de evaluación (M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

La **Turbiedad** presenta valores diferentes en los diferentes puntos de muestreo, en el punto de captación el nivel de turbiedad es mayor, y el mes de mayor turbiedad es febrero.



Los valores de la turbiedad no cumplen con lo que establece el D.S 031-2010-SA (5 UNT), es decir los valores sobrepasan el límite establecido

Figura 19: Valores de turbiedad entre puntos de muestreo por mes de evaluación (M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

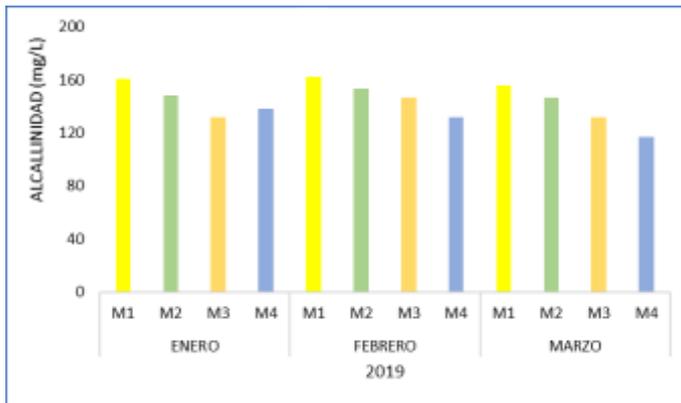
La **Conductividad Eléctrica** En el gráfico se observa el cálculo de la conductividad.



Los valores de la conductividad eléctrica sí cumple con lo que establece la normativa nacional vigente (1500 umho/cm), límite establecido

Figura 20: Valores de conductividad eléctrica entre puntos de muestreo por mes de evaluación (M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

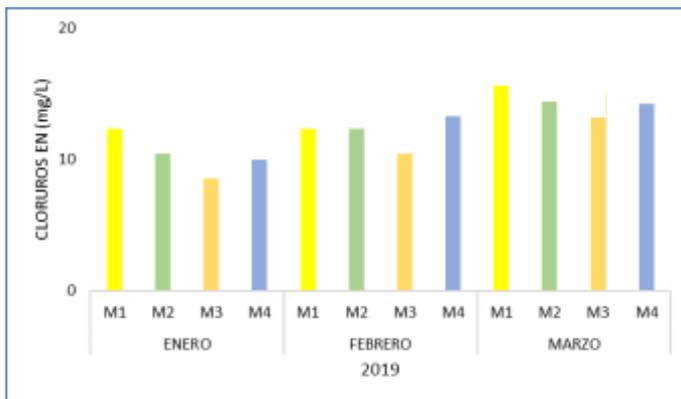
La concentración de **Alcalinidad** fue prácticamente similares en cada punto de muestreo entre los tres meses evaluados.



Los valores de la alcalinidad no establecen en la normativa nacional vigente, pero se ha considerado para relacionarlo con la dureza del agua

Figura 21: Valores de alcalinidad entre puntos de muestreo por mes de evaluación (M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

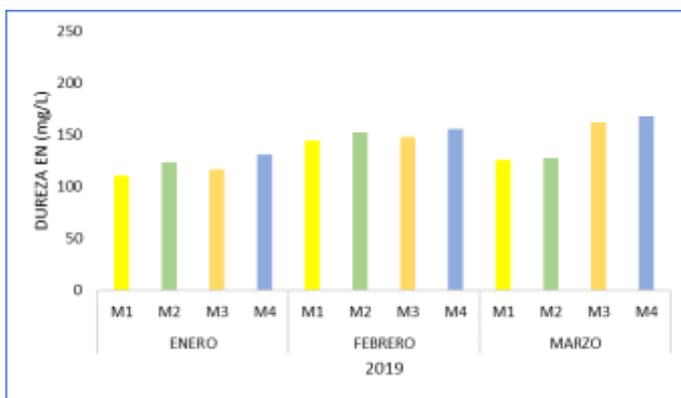
Los **Cloruros** aumentaron en ligeramente en concentración en el mes de marzo.



Los valores de cloruros sí cumplen lo que se establece en la normativa nacional vigente (250 mg/L)

Figura 22: Valores de cloruros entre puntos de muestreo por mes de evaluación (M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

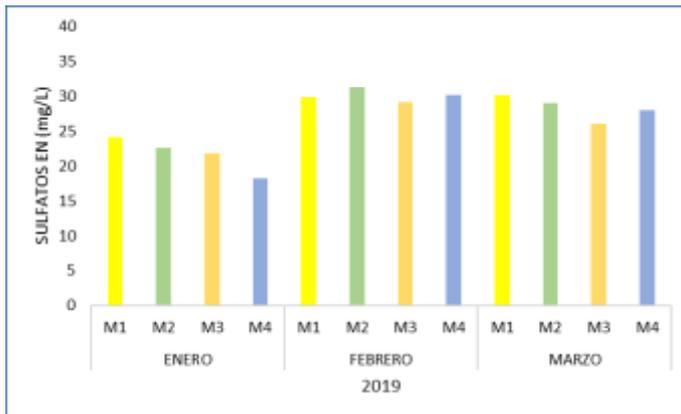
La **Dureza** del agua se mantuvo casi similar entre puntos de muestreo y meses de evaluación, a excepción del cuarto punto de muestreo en el mes de marzo.



Los valores de dureza sí cumplen lo que se establece en la normativa nacional vigente (500 mg/L).

Figura 23: Valores de dureza entre puntos de muestreo por mes de evaluación (M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

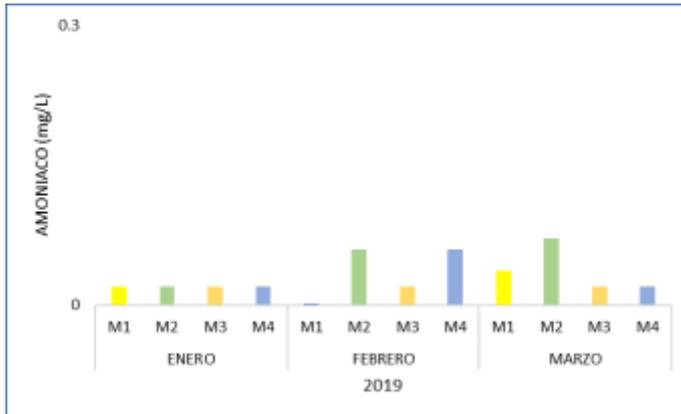
**Sulfatos:** Se observa que los sulfatos en el mes de enero son menores a comparación de los meses de enero y febrero, pero son en pequeñas cantidades de mg/l.



Los valores de sulfatos sí cumplen lo que se establece en la normativa nacional vigente (250 mg/L),

Figura 24: Valores de sulfatos entre puntos de muestreo por mes de evaluación (M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

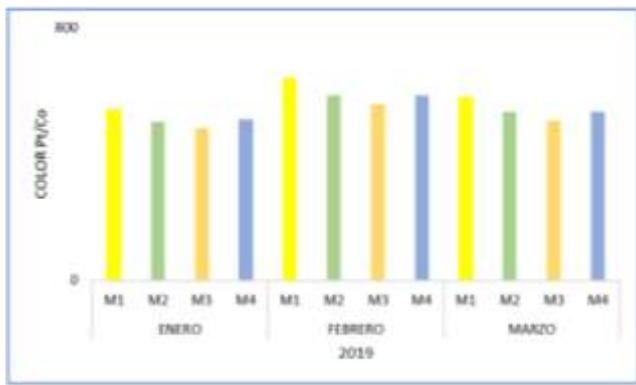
**Amoniaco:** En el gráfico se observa que en el mes de febrero y marzo en la segunda y cuarta vivienda de muestreo existe una diferencia mínima en comparación al resto de muestras.



El parámetro sí cumple con lo que se establece en la normativa nacional vigente (1.5 mg/L),

Figura 25: Valores de amoniaco entre puntos de muestreo por mes de evaluación (M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

**Color:** Según el gráfico en el punto de la captación se da mayor la cantidad de color, cabe mencionar que el color está muy relacionado con la turbiedad.



En ningún punto de muestreo el parámetro del color cumple con la normativa nacional (15 UCV Pt/Co)

Figura 26: Valores de color entre puntos de muestreo por mes de evaluación (M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

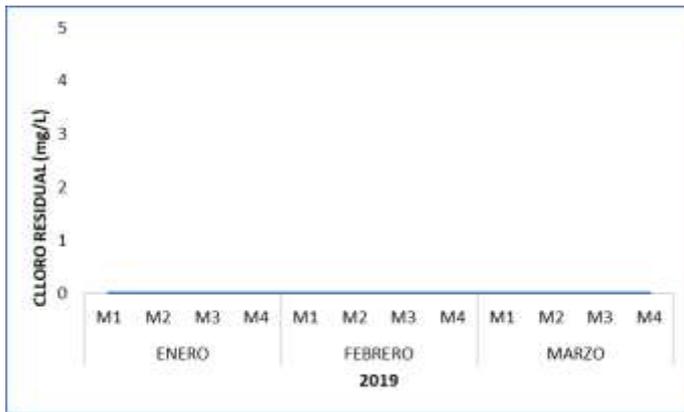
**Cloro Total:** Como se muestra en el gráfico, la cantidad de cloro total es cero y es constante en todos los puntos de muestreo y los meses evaluados.



En todos los puntos de muestreo y en todos los meses evaluados la concentración de cloro total es cero y no cumple con la normativa vigente.

Figura 27: Valores de cloro total entre puntos de muestreo por mes de evaluación (M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

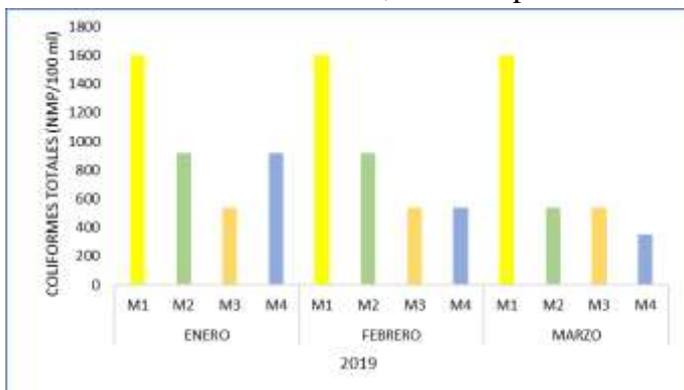
**Cloro Residual:** Como se muestra en el gráfico, la cantidad de cloro residual es cero y es constante en todos los puntos de muestreo y los meses evaluados.



En ningún punto de muestreo el parámetro del cloro residual cumple con la normativa nacional

Figura 28: Valores de cloro residual entre puntos de muestreo por mes de evaluación (M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

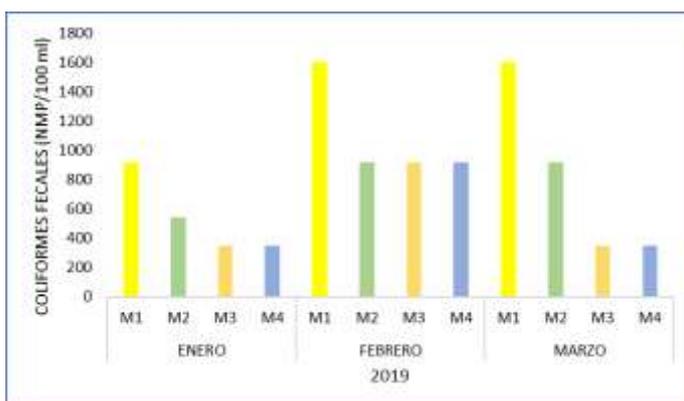
**Coliformes Totales:** Como se muestra en el gráfico, en todos los puntos de muestreo y en todos los meses evaluados, existe la presencia del microorganismo mencionado.



En todos los lugares de muestreo y en todos los meses evaluados se encuentra presente el parámetro de coliformes totales, por lo tanto no cumple con la normativa nacional vigente Decreto Supremo 031-2010-SA (0 UFC)

Figura 29: Valores de coliformes totales entre puntos de muestreo por mes de evaluación (M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

**Coliformes Fecales:** Como se muestra en el gráfico, en todos los puntos de muestreo y en todos los meses evaluados, existe la presencia de C.F.

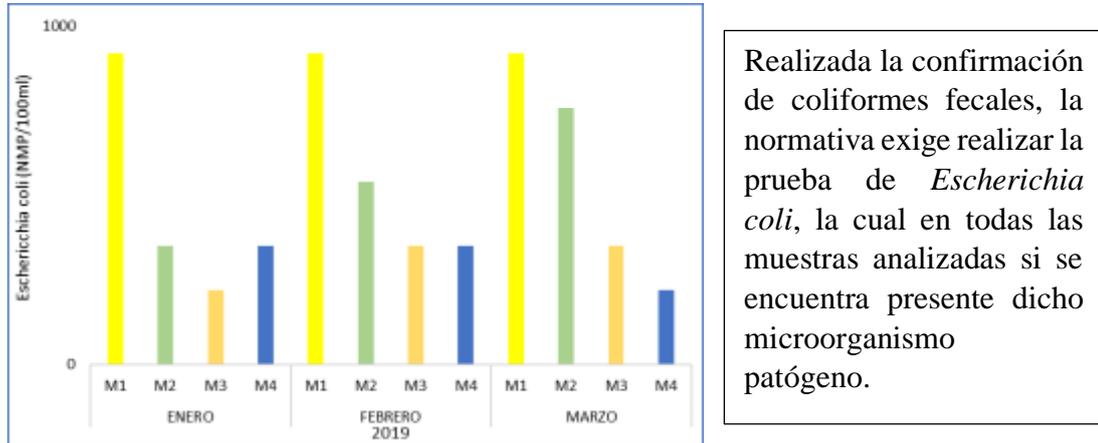


En todos los puntos de muestreo y en todos los meses evaluados se encuentra presente el parámetro de coliformes fecales, por lo tanto no cumple con la normativa nacional vigente Decreto Supremo 031-2010-SA (0 UFC)

Figura 30: Valores de coliformes fecales entre puntos de muestreo por mes de evaluación

(M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

***Escherichia coli***: Como se muestra en el gráfico, en todos los puntos de muestreo y en todos los meses evaluados, existe la presencia de *Escherichia coli*.



Realizada la confirmación de coliformes fecales, la normativa exige realizar la prueba de *Escherichia coli*, la cual en todas las muestras analizadas si se encuentra presente dicho microorganismo patógeno.

Figura 31: Valores de *Escherichia coli* entre puntos de muestreo por mes de evaluación (M1: punto de captación; M2: primera vivienda; M3: vivienda intermedia; M4: última vivienda)

- Seis parámetros de control obligatorio de un total de siete, no cumplen con los valores establecidos en la normativa Nacional Vigente.

Tabla 3: Comparación de los Parámetros de Control Obligatorio (PCO), con la normativa nacional vigente

PARAMETROS DE CONTROL OBLIGATORIO	NORMATIVA D.S 031-2010-SA	SI CUMPLE	NO CUMPLE
pH	6.5-8.5	x	
Turbiedad	5 UNT		X
Coliformes totales	0 UFC		X
Coliformes termotolerantes	0 UFC		X
Color	15 UCV		X
Cloro Residual	5 mg/L		X
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC		X

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3. Evaluación de los factores que se encuentran influyendo en la calidad del agua de la red de distribución del distrito El Milagro, Utcubamba-Amazonas

En la actualidad la población de EL MILAGRO, cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable, construido por FONCODES el año 2008. El sistema de abastecimiento

construido por FONCODES es íntegramente por bombeo y gravedad, en el cual se capta el agua del río Utcubamba; y luego se bombea y se conduce por una línea de conducción de aproximadamente 300 metros de longitud con un diámetro de 4 pulgadas, hasta un reservorio, luego pasa por dos sedimentadores y un filtro de grava para posteriormente llegar a un reservorio y de aquí se distribuye a través de redes de distribución hacia las 334 conexiones a nivel de vivienda. Tras la salida de campo realizada en el mes de enero, febrero y marzo a la planta de tratamiento de agua potable de El Milagro, se observó que la calidad del agua está determinada por los siguientes factores técnicos:

- El diseño de la planta de tratamiento de agua potable, teniendo conocimiento la calidad del agua que se capta para el distrito El Milagro.
- La frecuencia del mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable del distrito El Milagro.
- La falta de infraestructura del sistema de coagulación y floculación para poder disminuir la turbiedad del líquido elemento.
- No poseen un sistema de monitoreo de la calidad del agua que se consume.
- La falta del sistema de cloración para poder eliminar los microorganismos que causan enfermedades en las personas.



Figura 32: Etapas del sistema de agua potable



Figura 33: Tubería expuesta al sol



Figura 34: Deslizamiento en la infraestructura de sedimentación

#### **IV. DISCUSIÓN**

El agua es fundamental para la vida y para el desarrollo de las personas. Además, tiene propiedades únicas como el alimento, el aseo, la salud, entre otras (OMS, 2019). Los parámetros evaluados son usados como indicadores de calidad (Fernández, 2012). En este estudio se realizó la caracterización física, química y microbiológica del agua de la red de abastecimiento del distrito El Milagro, evaluando parámetros que indica la normativa nacional vigente para la calidad del agua de consumo humano, tales como conductividad eléctrica, pH, dureza, alcalinidad, cloruros, sulfatos, amoníaco, turbiedad, color, cloro residual, cloro total, coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. En tal sentido, el artículo N° 63 del D.S. N° 031-2010- SA menciona que los parámetros de control obligatorio (PCO) son coliformes totales, coliformes termotolerantes, color, turbiedad, residual de desinfectante y pH. Para confirmar contaminación fecal por un resultado positivo de la prueba de coliformes termotolerantes, se realiza el análisis de bacterias *Escherichia coli*. Estos parámetros fueron utilizados como indicadores de la calidad del agua del distrito El Milagro, provincia de Utcubamba.

El cumplimiento del D.S. N° 031-2010- SA, es de vital importancia, ya que establece los parámetros a ser evaluados y lo más importante se encuentra plasmado los de control obligatorio, esto conlleva a la facilitación que cualquier persona y entidades supervisoras puedan tomar muestras de agua y evaluarlas, además la aplicación de la presente normativa previene la generación de las diversas enfermedades y especialmente la muerte, que acarrea el consumo de la mala calidad del agua.

Se encontró que seis de siete parámetros de control obligatorio evaluados sobrepasan los límites máximos permisibles, lo cual pone en evidencia que el agua del servicio público de agua en el distrito El Milagro no recibe ningún tratamiento o lo recibe de manera inadecuada. Este resultado coincide con otros obtenidos en el país, en donde existe deficiencia en el tratamiento del servicio de agua para consumo. Por ejemplo, Cava & Ramos (2016) mencionan que en las Juntas del distrito de Pacora no existe el sistema de cloración, y que los microorganismos mencionados en la normativa nacional vigente se encuentran presentes en el agua que evaluó, por lo tanto, el cloro residual, coliformes totales y coliformes termotolerantes que forman parte de los parámetros de control obligatorio no cumplen con la normativa (DS. 031-2010-SA).

El cloro residual en la investigación realizada nos muestra un resultado de cero, sin embargo, tanto la Organización Mundial de la Salud y el Ministerio de Salud en nuestro país y guiándose a la normativa nacional vigente, establece que el agua potable deberá contener 0.5 mg/L de cloro residual como máximo y un mínimo de 0.2 mg/L; ya que actúa como un desinfectante, Norma OS.020 (2006).

Asimismo, se encontró que los valores son similares entre los puntos de muestreo y meses de evaluación, es decir los valores de los parámetros medidos se mantienen constantes casi en los mismos niveles en toda la red de agua del distrito El Milagro y de manera continua. Este resultado pone en evidencia que toda la red de distribución de agua se encuentra con la misma situación de contaminación. Algunas diferencias no significativas han sido observadas en los parámetros de color, por la variación de turbidez, éste último varía en las cotas bajas de la red de distribución, ya que es normal la sedimentación de las partículas, para ello se coincide con la norma (OS 050, Redes de distribución de agua para consumo humano), en la cual recomienda en lugares de cotas más bajas de la red de distribución, se tendrá que considerar un sistema de purga, porque la aglomeración de partículas es mayor que en otros puntos, justificando de ésta manera la presencia de mayor turbiedad en la investigación.

Un indicador directo de contaminación del agua de la red de distribución fue el elevado nivel de *Escherichia coli*, una bacteria de origen fecal. En tal sentido, el agua que se traslada por un sistema de distribución debe de ser previamente tratada para que no posea este tipo de microorganismo. Estos microorganismos ocasionan enfermedades infecciosas siendo un peligro más común y difundida que lleva el agua que usualmente se consume, es por ello que se corrobora las enfermedades más comunes en el distrito El Milagro. La presencia de *Escherichia coli* se debe considerar como una señal segura de una peligrosa contaminación fecal reciente, que exige la aplicación de medidas urgentes (Cava & Ramos, 2016).

La presencia de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en el sistema de distribución de agua de El Milagro contribuye a explicar los 565 casos de enfermedades relacionados a la calidad del agua, emitidos en un informe por la Micro Red El Milagro, desde enero hasta octubre del año 2018 menciona que. En este informe se hace mención de que 411 personas presentan enfermedad por gastroenteritis, 150 por fiebre de origen desconocido, 3 por fiebre tifoidea y paratifoidea, y 1 persona por hepatitis crónica. Según la OMS y el

MINSA (Ministerio de Salud), estos males estarían vinculados a la calidad del agua de consumo.

Aguilar y Navarro (2017), en la comunidad de Llañucancha, distrito de Abancay y provincia de Abancay, concluyeron que las condiciones de infraestructura también inciden en la calidad del agua, especialmente que a consecuencia de la falta de mantenimiento de las mismas, generan el crecimiento de bacterias, las cuales afectan principalmente a los niños, generando problemas de salud como anemia, desnutrición y parasitosis.

El proveedor (Municipalidad Distrital de El Milagro) no estaría aplicando un tratamiento adecuado al agua de consumo, a pesar de que en el artículo N° 67 del D. S N° 031-2010-SA, se indica que éste debe optar por las medidas correctivas a fin de disminuir el riesgo de enfermedades y garantizar la calidad del líquido elemento. Existen métodos que pudieran ser empleados, como el tratamiento convencional (primario y secundario). Por ejemplo, en un estudio realizado en la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora, el agua de consumo también presentó problemas de calidad según resultados de los cloruros, magnesio, sulfatos, conductividad, sólidos totales disueltos, cloro residual, coliformes totales y coliformes termotolerantes, proponiendo el tratamiento de electrodiálisis reversibles a fin de entregarla al consumo, apta, limpia y aprovechable para el ser humano (Cava & Ramos, 2016).

El proveedor del sistema de agua potable del distrito El Milagro incumple con lo que establece la ley, como lo muestra también el Informe técnico 2018, emitido por la Microred El Milagro, donde se puede corroborar que los parámetros de control obligatorio se están incumpliendo, además en el artículo 19 del D.S. N° 031-2010-SA donde señala que el control de calidad del agua para personas es ejercido por el abastecedor en el sistema de agua potable. En consecuencia, el abastecedor a través de sus procedimientos deberá garantizar el cumplimiento de lo que señala el presente reglamento, y a través de prácticas de autocontrol, identificar las fallas y optar por las medidas correctivas para que de ésta manera asegurar la inocuidad del agua que provee.

Realizado el estudio de caracterización del agua de consumo humano del distrito El Milagro, y teniendo resultados de los parámetros que sobrepasan los límites máximos

permisibles, principalmente de los parámetros de control obligatorio, coincidimos con Cava & Ramos (2016), en elegir una nueva planta de tratamiento de agua potable porque la actual que se encuentra en uso, presenta deficiencias para el tratamiento del agua. Sin embargo, es importante mencionar que antes de elegir al tipo de tratamiento que se puede brindar, se recomienda realizar todos los procedimientos técnicos de prueba de jarras y/o más criterios técnicos que se tengan que realizar, para que de ésta manera al instalarse un nuevo tratamiento resulte eficiente.

Conociendo las concentraciones de los parámetros del sistema de abastecimiento de agua potable en el distrito El Milagro, se puede realizar el mejoramiento del mismo, construyendo un sistema de coagulación y floculación, ya que según el estudio tiene una elevada carga de turbiedad, además de ello se tiene que colocar un sistema de cloración, para poder eliminar los microorganismos presentes, para ello tanto para sistema de coagulación como para el de cloración, previamente se tiene que realizar la prueba de jarras para que de ésta manera se pueda tener una dosificación correcta.

Siendo la turbidez y color los principales parámetros con mayor problema en la calidad del agua de las redes de captación y distribución pública del ámbito urbano del distrito El Milagro, se coincide con el informe de SEDAPAL (2000), donde indica que para eliminar estas partículas se recurre a los procesos de coagulación y floculación, la coagulación que tiene por objeto desestabilizar las partículas en suspensión, es decir facilitar su aglomeración. En la práctica cabe indicar que este procedimiento es caracterizado por la inyección y dispersión rápida de productos químicos. La floculación tiene por objetivo favorecer con la ayuda de la mezcla lenta el contacto entre las partículas desestabilizadas. Estas partículas se aglutinan para formar un floc que pueda ser fácilmente eliminado por los procedimientos de decantación y filtración.

La presencia de microorganismos es otro problema en la calidad del agua del distrito el Milagro, sin embargo la Organización Panamericana de la Salud indica que por su poder germicida y desinfectante el cloro se utiliza para potabilizar el agua, eliminando de ésta manera los gérmenes y algas que se encuentren en el líquido elemento, de tal forma se coincide nuestra elección de clorar el agua en el distrito El Milagro, ya que una vez disminuida la turbiedad, podemos utilizar el cloro como un agente desinfectante y poder eliminar los microorganismos encontrados en la investigación. Además la OMS (2006), nos indica que la desinfección es una operación de importancia incuestionable para el

suministro de agua potable y que la destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro.

Los parámetros que no son obligatorios en la normativa nacional vigente se evaluaron por motivo de que son muy importantes, tal es el caso de la alcalinidad y la dureza que representan concentraciones de calcio y magnesio, y que según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006), indica que el control de la alcalinidad y del contenido de calcio también contribuye a la estabilidad del agua y a controlar su capacidad corrosiva de tuberías y electrodomésticos. Si no se reduce al mínimo, la corrosión puede provocar la contaminación del agua de consumo y efectos adversos en su sabor y aspecto. Asimismo, también nos indica que la presencia de sulfatos en concentraciones muy bajas en el agua puede generar un sabor apreciable y en niveles muy altos provocar un efecto laxante.

## V. CONCLUSIONES

- Se evaluó catorce parámetros, físicos (turbiedad, color, conductividad), químicos (pH, cloro residual, cloro total, dureza, alcalinidad, cloruros, sulfatos, amoníaco) y microbiológicos (coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*) la cual permitió determinar que la población del Milagro presenta un alto riesgo de padecer infecciones transmitidas por el agua.
- Se comparó los resultados obtenidos con la normativa nacional vigente; obteniéndose, que algunos de los parámetros analizados se encuentran en el rango de la normativa vigente: conductividad, pH, dureza, alcalinidad, cloruros, sulfatos y amoníaco, mientras que los siguientes parámetros no cumplen con la misma: turbiedad, color, cloro residual, cloro total, coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, por lo que el agua de consumo humano en el distrito de El Milagro, provincia de Utcubamba es de MALA CALIDAD y no se encuentra apta para el consumo, ya que incumple los parámetros obligatorios establecidos en el Decreto Supremo 031-2010-SA.
- Se identificaron los factores técnicos de infraestructura que influyen en la calidad de agua que consume las personas del distrito El Milagro las cuales se mencionan:
  - ✓ El diseño de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), no es la adecuada, teniendo como antecedente la calidad del H<sub>2</sub>O que se capta.
  - ✓ La frecuencia del mantenimiento de la (PTAP) del distrito El Milagro.
  - ✓ La falta del sistema de coagulación y floculación para poder disminuir la turbiedad del líquido elemento.
  - ✓ No tiene un sistema de monitoreo de la calidad del H<sub>2</sub>O que se consume.
  - ✓ La ausencia del sistema de cloración para poder eliminar los microorganismos que causan enfermedades a las personas.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Formular un proyecto de inversión pública (PIP), sobre el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en el distrito de El Milagro, de tal manera, que la elección del diseño de la (PTAP), sea la adecuada, teniendo como antecedente la calidad del líquido elemento a captar.
- Realizar el mantenimiento de la (PTAP) más frecuente, para de esta manera las etapas de sedimentación y filtración sean eficientes.
- Incorporar un sistema de coagulación y floculación con el objetivo de disminuir la turbiedad del H<sub>2</sub>O del distrito El Milagro.
- Colocar un sistema de desinfección correspondiente, para eliminar microorganismos patógenos en el líquido elemento.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar O. & Navarro B. (2017). *Evaluación de la calidad del agua de consumo humano de la comunidad de Llañucancho, distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017*. Abancay, Perú. Pp. 110.
- Cava, T.& Ramos, F. (2016). *Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento, 2016*. Pacora, Perú. Pp, 99.
- Decreto Supremo, N° 031-2010-SA. *Reglamento de la calidad de agua para consumo humano*. Perú. Pp, 28-29.
- Fernández, C. (2012). *El agua: un recurso esencial, 2012*. Buenos Aires, Argentina. Pp, 147.
- González, T. (2013). *Evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable y disposición de excretas de la población del corregimiento de monterrey, municipio de Simití, departamento de Bolívar, proponiendo soluciones integrales al mejoramiento de los sistemas y la salud de la comunidad*. Bogotá, Colombia. Pp, 58.
- Hernández, L. Chamizo, H. & Mora, D. (2011). *Calidad del agua para consumo humano y salud: dos estudios de caso en Costa Rica*. *Rev Costarr Salud Pública 2011*, (20), Pp, 21.
- IMTA, (1991). *Determinación de cloro Residual*. Ciudad México, México. Pp, 7.
- Leiva, A. (2010). *Caracterización de calidad de agua en el ciclo de consumo del municipio de Guaimaca, Francisco Morazán, Honduras*. Morazán, Honduras. Pp, 26.
- Micro Red El Milagro. (2018). *Informe técnico 2018*. Utcubamba, Perú.

- Ministerio de Salud. (2011). *Guía técnica para la implementación, operación y mantenimiento del sistema de tratamiento intradomiciliario de agua para consumo humano-Mi Agua*. Lima Perú.
- Municipalidad Distrital de El Milagro (2015). *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales en el distrito El Milagro, Provincia Utcubamba, Departamento Amazonas*. Utcubamba, Perú. Pp, 10.
- Organización Panamericana de la Salud, (2019). *Manual técnico para la desinfección del agua con cloro*. Recuperado de [https://www.paho.org/pan/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=63-manual-tecnico-para-la-desinfeccion-del-agua-con-cloro&category\\_slug=publications&Itemid=224](https://www.paho.org/pan/index.php?option=com_docman&view=download&alias=63-manual-tecnico-para-la-desinfeccion-del-agua-con-cloro&category_slug=publications&Itemid=224). Washington. D. C. Estados Unidos.
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable. Primer Aéndice. Volumen 1*. Ginebra. Suiza. Pp, 14.
- OMS. (2018). *Hojas informativas sobre enfermedades relacionadas con el agua*. Recuperado el 16/11/2018 de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/diseasefact/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/diseasefact/es/)
- OMS. (2019). *Guías de la OMS para la calidad del agua potable*. Recuperado el 23/12/2019 de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/guidelines/es](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/es)
- OS. 020. (2006). *Plantas de tratamiento de agua para consumo humano*. Lima, Perú. Pp, 4.
- OS. 050. (2006). *Redes de distribución de agua para consumo humano*. Lima, Perú. Pp, 4.

- Pérez, J. (2010). *Caracterización de la calidad del agua en la planta de tratamiento de agua potable y en la red de distribución de la ciudad de Yopal*. Yopal, Colombia. Pp, 39.
- Petro, A.& Wees, T (2014). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Turbaco – Bolívar, Caribe Colombiano*. Bolívar, Colombia. Pp, 72-73.
- Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/SA. *Aprueba el protocolo de procedimientos para la toma de muestra, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano*. Perú.
- Andía, Y. Sedapal, (2000). *Tratamiento del agua coagulación y floculación*. Lima, Perú. Pp, 5.
- Severiche, S. Castillo, B & Acevedo, B. (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en agua*. Cartagena de Indias, Colombia. Pp, 14.
- Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales. *Asociación Estadounidense de Salud Pública, Asociación Estadounidense de Obras Hidráulicas, Federación de Control de la Contaminación del Agua*. 21ª ed., Nueva York, 2005

# **ANEXOS**

## Anexo 1: Resultados de enero

<b>RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS</b>					
PARAMETRO	MES DE ENERO				UNIDAD DE MEDIDA
	M1	M2	M3	M4	
pH	7.82	7.87	7.88	7.88	1
TURBIDEZ	106.4	90.2	80	87.4	NTU
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	229	202	202	202	uS/cm
ALCALINIDAD	160.93	160.93	131.67	160.93	mg/L
CLORUROS	12.35	10.45	8.55	9.98	mg/L
DUREZA	110.16	123.12	116.64	131.22	mg/L
SULFATOS	24.1	22.6	21.8	18.2	mg/L
AMONIO	0.02	0.02	0.02	0.02	mg/L
COLOR	541	533	528	537	Pt/Co
COLORO TOTAL	0	0	0	0	mg/L
COLORO RESIDUAL	0	0	0	0	mg/L
COLIFORMES TOTALES	1600	920	540	920	NMP/100 ml
COLIFORMES FECALES	920	540	350	350	NMP/100 ml
ESCHERICCHIA COLI	920	350	220	350	NMP/100 ml

## Anexo 2: Resultados de febrero

<b>RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS</b>					
PARAMETRO	MES DE FEBRERO				UNIDAD DE MEDIDA
	M1	M2	M3	M4	
pH	7.7	7.41	7.34	7.21	1
TURBIDEZ	132	94.3	89.8	90.8	NTU
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	220.7	294.7	288.3	299.3	uS/cm
ALCALINIDAD	168.25	160.93	146.3	131.67	mg/L
CLORUROS	12.35	12.35	10.45	13.3	mg/L
DUREZA	144.18	163.62	147.42	155.52	mg/L
SULFATOS	35.9	32.5	29.1	30.2	mg/L
AMONIO	0.002	0.182	0.02	0.15	mg/L
COLOR	643	632	630	635	Pt/Co
CORO TOTAL	0	0	0	0	mg/L
CORO RESIDUAL	0	0	0	0	mg/L
COLIFORMES TOTALES	1600	920	540	540	NMP/100 ml
COLIFORMES FECALES	1600	920	920	920	NMP/100 ml
ESCHERICCHIA COLI	920	540	350	350	NMP/100 ml

### Anexo 3: Resultados de marzo

<b>RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS</b>					
PARAMETRO	MES DE MARZO				UNIDAD DE MEDIDA
	M1	M2	M3	M4	
pH	7.97	7.8	7.64	7.1	1
TURBIDEZ	110.2	92.4	78.6	79	NTU
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	280	265	263	260	uS/cm
ALCALINIDAD	160.93	146.3	131.67	117.04	mg/L
CLORUROS	19	17.1	15.2	14.25	mg/L
DUREZA	125.58	127.19	177.1	225.4	mg/L
SULFATOS	34	29	26	28	mg/L
AMONIO	0.037	0.18	0.02	0.02	mg/L
COLOR	581	570	565	569	Pt/Co
COLORO TOTAL	0	0	0	0	mg/L
COLORO RESIDUAL	0	0	0	0	mg/L
COLIFORMES TOTALES	1600	540	540	350	NMP/100 ml
COLIFORMES FECALES	1600	920	350	350	NMP/100 ml
ESCHERICCHIA COLI	920	920	350	220	NMP/100 ml

#### Anexo 4: Promedio de los parámetros

PARAMETROS	PROMEDIO DE LOS PARÁMETROS				UNIDAD DE MEDIDA
	M 1	M 2	M 3	M 4	
pH	7.83	7.69	7.62	7.40	1
TURBIDEZ	116.20	92.30	82.80	85.73	NTU
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	243.23	253.90	251.10	253.77	uS/cm
ALCALINIDAD	163.37	156.05	136.55	136.55	mg/L
CLORUROS	14.57	13.30	11.40	12.51	mg/L
DUREZA	126.64	137.98	147.05	170.71	mg/L
SULFATOS	31.33	28.03	25.63	25.47	mg/L
AMONIO	0.02	0.13	0.02	0.06	mg/L
COLOR	588.33	578.33	574.33	580.33	Pt/Co
CORO TOTAL	0.00	0.00	0.00	0.00	mg/L
CORO RESIDUAL	0.00	0.00	0.00	0.00	mg/L
COLIFORMES TOTALES	1600.00	793.33	540.00	603.33	NMP/100 ml
COLIFORMES FECALES	1373.33	793.33	540.00	540.00	NMP/100 ml
ESCHERICCHIA COLI	920.00	603.33	306.67	306.67	NMP/100 ml