

**CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DEL AGUA POTABLE DE LOS
DIFERENTES PUNTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE ARAUCA**

LISETH KATERINE FLOREZ PEÑALOZA



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE MICROBIOLÓGIA
PAMPLONA**

2021

**CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DEL AGUA POTABLE DE LOS
DIFERENTES PUNTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE ARAUCA**

LISETH KATERINE FLOREZ PEÑALOZA
TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE MICROBIOLÓGA

ASESOR ACADÉMICO
M.Sc ANGELA MARITZA CAJIAO PEDRAZA

Asesor externo

**Ana María Rivera Mariño- Coordinadora de laboratorio de calidad de agua de la
empresa EMSERPA. E.S.P del municipio de Arauca**

**Carlos Didier Bayona Páez- Ingeniero químico de la empresa EMSERPA. E.S.P del
municipio de Arauca**

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE MICROBIOLÓGIA
PAMPLONA

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER, 2021

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GENERAL	2
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. MARCO REFERENCIAL	4
5. MARCO TEÓRICO	5
5.1 EL AGUA	5
5.2 CALIDAD DEL AGUA	5
5.3 CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA	6
5.3.1 Coliformes totales.....	6
5.3.2 Coliformes fecales o termotolerantes	7
5.3.3 Aerobios mesófilos	7
5.3.4 Técnica de filtración por membrana	7
5.4 CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA	8
6. RESEÑA HISTÓRICA	11
6.1 MISIÓN EMSERPA E.S.P.....	13
6.2 VISIÓN EMSERPA E.S.P	13
7. MARCO LEGAL	14
7.1 Resolución MPS 2115 del 2007	14
7.2 Decreto MPS 1575 del 2007	14
7.3 Resolución MPS 0549 del 2017	14
7.4 Resolución MPS 4353 del 2013	14
7.5 Resolución MPS 811 del 2008	14
7.6 Resolución MPS 082 del 2009	14
8. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO	15

9. ACTIVIDADES REALIZADAS	16
10. METODOLOGÍA	17
10.1 MUESTREO	17
10.2 ANÁLISIS PARA CALIDAD DEL AGUA POTABLE.....	20
10.2.1 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	20
10.2.1.1 Coliformes totales y <i>E. coli</i>	20
10.2.1.2 Microorganismos mesófilos	20
10.2.2 ANÁLISIS <i>IN SITU</i>.....	20
10.2.2.1 pH y temperatura	20
10.2.2.2 Conductividad	21
10.2.2.3 Cloro residual libre	21
10.2.3 ANÁLISIS FISCOQUÍMICO	21
10.2.3.1 Alcalinidad total	21
10.2.3.2 Aluminio	21
10.2.3.3 Cloro residual libre	22
10.2.3.4 Cloruros	22
10.2.3.5 Color aparente	22
10.2.3.6 Conductividad	22
10.2.3.7 Dureza cálcica	22
10.2.3.8 Dureza total.....	22
10.2.3.9 Fosfatos	23
10.2.3.10 Fluoruros.....	23
10.2.3.11 Hierro total	23
10.2.3.12 Magnesio	23
10.2.3.13 Manganeso	23
10.2.3.14 Nitratos	23
10.2.3.15 Nitritos.....	24
10.2.3.16 pH y temperatura	24
10.2.3.17 Sulfatos.....	24
10.2.3.18 Turbiedad.....	24
10.2.4 ANÁLISIS INDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA	

CONSUMO HUMANO - %IRCA	24
11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	26
12. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	27
12.1 Resultados microbiológicos.....	27
12.2 Resultados fisicoquímicos.....	30
12.3 Resultados %IRCA	52
13. CONCLUSIONES	54
14. BIBLIOGRAFÍA	55

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Características microbiológicas del agua potable	8
TABLA 2. Parámetros fisicoquímicos realizados a las muestras de agua	9
TABLA 3. Sector y dirección de los 21 puntos de red de distribución asignados por la empresa Emserpa E.S.P	19
TABLA 4. Resultados promedios mensuales de los análisis microbiológicos	27
TABLA 5. Resultados promedios mensuales de los análisis fisicoquímicos	31
TABLA 6. Resultados promedios mensuales del % IRCA.....	52
TABLA 7. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el %IRCA por muestra y el %IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. Localización del área de los puntos de la red de distribución de agua para los análisis de laboratorio.....	18
GRÁFICO 2: Resultados promedios mensuales para el análisis de aerobios mesófilos, expresados en UFC/100mL	29
GRÁFICO 3: Valores promedios mensuales para el parámetro aluminio, expresados en mg/L	33
GRÁFICO 4: Valores promedios mensuales para el parámetro color aparente, expresados en UPC.....	34
GRÁFICO 5: Valores promedios mensuales para el parámetro fosfatos, expresados en mg/L.....	35
GRÁFICO 6: Valores promedios mensuales para el parámetro fluoruros, expresados en mg/L.....	36
GRÁFICO 7: Valores promedios mensuales para el parámetro hierro total, expresados en mg/L.....	37
GRÁFICO 8: Valores promedios mensuales para el parámetro manganeso, expresados en mg/L.....	38
GRÁFICO 9: Valores promedios mensuales para el parámetro nitratos, expresados en mg/L.....	39
GRÁFICO 10: Valores promedios mensuales para el parámetro nitritos, expresados en mg/L	40
GRÁFICO 11: Valores promedios mensuales para el parámetro sulfatos, expresados en mg/L.....	41
GRÁFICO 12: Valores promedios mensuales para el parámetro cloruros, expresados en mg/L.....	42
GRÁFICO 13: Valores promedios mensuales para el parámetro alcalinidad total, expresados en mg/L.....	43
GRÁFICO 14: Valores promedios mensuales para el parámetro dureza cálcica, expresados en mg/L	44

GRÁFICO 15: Valores promedios mensuales para el parámetro dureza total, expresados en mg/L.....	45
GRÁFICO 16: Valores promedios mensuales para el parámetro magnesio, expresados en mg/L.....	46
GRÁFICO 17: Valores promedios mensuales para el parámetro cloro residual libre, expresados en mg/L.....	47
GRÁFICO 18: Valores promedios mensuales para el parámetro pH.....	48
GRÁFICO 19: Valores promedios mensuales para el parámetro conductividad, expresados en $\mu\text{s}/\text{cm}$	49
GRÁFICO 20: Valores promedios mensuales para el parámetro temperatura, expresados en $^{\circ}\text{C}$	50
GRÁFICO 21: Valores promedios mensuales para el parámetro turbiedad, expresados en NTU	51

ANEXOS

ANEXO A. Resultados diarios mensuales de los análisis físicoquímicos en los diferentes puntos de la red de distribución.....	63
ANEXO B. Resultados <i>in situ</i> de las muestras de aguas tomadas con la UAESA	74
ANEXO C. Resultados de muestras tomadas en la bocatoma del río Arauca	77
ANEXO D. Resultados de los análisis microbiológicos de las muestras tomadas del río Arauca	79
ANEXO E. Imágenes de la toma de muestras en los puntos de la red de distribución de agua potable.....	82

GRÁFICOS ANEXOS

GRÁFICO 1. Valores promedios mensuales para el parámetro pH.....	74
GRÁFICO 2. Valores promedios mensuales para el parámetro conductividad, expresado en $\mu\text{s}/\text{cm}$	75
GRÁFICO 3. Valores promedios mensuales para el parámetro cloro residual libre, expresado en mg/L	76
GRÁFICO 4. Valores promedios mensuales para el parámetro temperatura, expresado en $^{\circ}\text{C}$	76
GRÁFICO 5. Resultado para el análisis de coliformes totales, expresado en $\text{UFC}/100\text{mL}$	80
GRÁFICO 6. Resultado para el análisis de coliformes fecales, expresado en $\text{UFC}/100\text{mL}$	81
GRÁFICO 7. Resultado para el análisis de aerobios mesófilos, expresado en $\text{UFC}/100\text{mL}$	81

ANEXOS TABLAS

TABLA 1. Resultados de los análisis fisicoquímicos de los puntos de la red de distribución para el mes de agosto **63**

TABLA 2. Resultados de los análisis fisicoquímicos de los puntos de la red de distribución para el mes de septiembre..... **65**

TABLA 3. Resultados de los análisis fisicoquímicos de los puntos de la red de distribución para el mes de octubre **68**

TABLA 4. Resultados de los análisis fisicoquímicos de los puntos de la red de distribución para el mes de noviembre..... **71**

TABLA 5. Resultados *in situ* para los análisis correspondientes a las muestras tomadas con la unidad administrativa especial de salud de Arauca (UAESA)..... **74**

TABLA 6. Resultados de los análisis microbiológicos para muestra de la bocatomía del río Arauca..... **79**

ANEXOS IMÁGENES

IMAGEN 1. Resultados de los análisis de filtración por membrana en la dilución 10^{-2}	78
IMAGEN 2. Resultados de los análisis de filtración por membrana en la dilución 10^{-3}	78
IMAGEN 3. Resultados de los análisis de filtración por membrana en la dilución 10^{-4}	79
IMAGEN 4. Toma de muestras de los puntos de red de distribución de agua.....	82
IMAGEN 5. Toma de muestras del tanque de red de distribución	82

1. INTRODUCCIÓN

Se define en las Guías para la Calidad del Agua de Consumo Humano que el agua es vital para la vida y que cada uno de los habitantes debe disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). El agua potable, según se define en las Guías, no causa ningún riesgo. El agua de consumo humano se requiere para todas las labores domésticas, incluida el agua para beber, para la preparación de alimentos y para la higiene personal (OMS, 2018).

Este proyecto se realizó con el fin de dar a conocer la calidad del agua potable del municipio de Arauca, este se llevó a cabo por medio de técnicas o de análisis microbiológicos y fisicoquímicos. De manera que lo mencionado anteriormente ayuda a determinar la calidad o de algún modo la eficiencia del tratamiento que se le es aplicado al agua cruda que entra a la planta de tratamiento para ser procesada en agua potable, dando paso a la distribución de dicha agua y siendo así apta para consumo humano.

Para el desarrollo de este proyecto, se realizó una sucesión de procedimientos ya mencionados anteriormente tales como: microbiológicos y fisicoquímicos, aplicados al agua potable en la planta de tratamiento de aguas potables de EMSERPA. E.S.P. del municipio de Arauca y de los diferentes puntos de la red de distribución. Dando conformidad a lo propuesto en los objetivos y con ello dando conclusiones de los resultados obtenidos de los diferentes métodos realizados y cumpliendo con las actividades estipuladas, las cuales involucran: toma de muestras en la planta de tratamiento como en los diferentes puntos de la red de distribución, realizan de los diferentes técnicas y/o análisis para implementar la calidad del agua potable cumpliendo con la normativa, dar a conocer los resultados del punto anterior y por último calcular los índices de riesgo de calidad de agua apta para consumo humano (% IRCA).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua potable y de los diferentes puntos de la red de distribución de la planta de tratamiento de agua del municipio de Arauca.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ejecutar un diagnóstico mensual promedio de los resultados de las muestras de agua potable de los diferentes puntos de la red de distribución de la planta de tratamiento de agua del municipio de Arauca para la determinación de parámetros microbiológicos.
- Realizar un diagnóstico mensual promedio de los resultados de las muestras de agua potable de los diferentes puntos de la red de distribución de la planta de tratamiento de agua del municipio de Arauca para la determinación de parámetros fisicoquímicos.
- Determinar el índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano-IRCA del agua tratada y distribuida de EMSERPA E.S.P.

3. JUSTIFICACIÓN

Por el bien de la salud de los consumidores de agua potable en el municipio de Arauca. EMSERPA E.S.P, se ha destacado por ser una empresa prestadora de servicios de acueducto que se preocupa por la integridad de su comunidad araucana, entregando así un líquido que es totalmente potable y puro, realizando para esto diariamente el control de la calidad del agua que distribuye a sus usuarios, mediante análisis microbiológicos, organolépticos y fisicoquímicos que se realizan en el laboratorio de análisis de agua potable. Laboratorio que se encuentra autorizado para realizar dichos procedimientos del agua para el consumo humano.

Con el fin de dar seguridad al agua potable que recibe la población de Arauca para su consumo humano y otras actividades, este estudio se orientó en ejecutar análisis microbiológicos y fisicoquímicos para tener un control de la calidad de agua potable que se trata en la planta de tratamiento del municipio de Arauca, así como también de los diferentes puntos de la red de distribución (21 puntos) y dar cumplimiento a la resolución MPS 2115 de 2007. Esta es la razón por la cual se realiza el índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) de acuerdo al Decreto MPS 1575 y a la Resolución MPS 2115 de 2007, lo cual nos indica que se esté produciendo agua apta para consumo humano, lo que genera en que la población tenga más confianza en el momento de consumir agua y que disminuya la probabilidad de que se presenten enfermedades transmitidas por el consumo de aguas contaminadas.

4. MARCO REFERENCIAL

En el trabajo DIAGNÓSTICO ORGANOLÉPTICO, INORGÁNICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA POTABLE CONSUMIDA POR LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE TRUJILLO, determinaron y evaluaron los parámetros de la calidad del agua potable consumida por los habitantes de ese distrito. Donde se obtuvo como resultados la no presencia de coliformes totales, en cuanto a los análisis fisicoquímicos se concluyó que el 80% de las aguas distribuidas en ese distrito era apta para consumo humano y el 20% era perjudicial para la salud (Quispe & Sánchez, 2008).

Por otro lado, en un estudio realizado en la ciudad de ARAUCA, titulado EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL CAÑO CÓRDOBA DEL MUNICIPIO DE ARAUCA, analizaron la calidad del agua residual del caño Córdoba del municipio de Arauca, con el objetivo de evaluar sus características microbiológicas y fisicoquímicas, para lo cual realizaron pruebas de laboratorio, determinando los parámetros de pH, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, DBO, DQO5, coliformes totales y *E. coli*. Los resultados exponen que fisicoquímicamente los valores se encuentran dentro de los niveles permitidos por la legislación que regulan dichos aspectos para aguas residuales. También se demuestra que las aguas están altamente contaminadas con material biológico y no son aptas para consumo humano (Espinosa *et al.*)

Otro estudio la población del Valle de Juárez, Chihuahua, titulado CONTAMINACIÓN FECAL EN AGUA POTABLE DEL VALLE DE JUÁREZ, donde esta población presentó una alta prevalencia de parasitosis gastrointestinales, motivando la realización de este estudio para determinar la calidad microbiológica del agua de beber como uno de los posibles factores diseminadores de patógenos. Evaluaron la calidad sanitaria del agua de uso doméstico proveniente de pozos, mediante el uso de microorganismos indicadores y evaluación de la concentración de cloro en 14 comunidades del Valle de Juárez. Los parásitos *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* se detectaron mediante una técnica de separación inmunomagnética seguida por tinción con inmunofluoresceína, para su identificación y conteo. Las bacterias coliformes totales y los coliformes fecales *Escherichia coli* se aislaron y se contaron por el método de filtración por membrana. El 92.8 % de las localidades mostró la presencia de coliformes totales en muestras de agua, aunque fueron negativas a *E. coli*. Demostraron la presencia de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. y *Giardia* spp. en el agua del 92.3% de las localidades. Indicando que la cloración no está siendo efectiva y por ende se requiere que se intensifique la vigilancia en la red de distribución para disminuirla prevalencia de enfermedades gastrointestinales (Olivas *et al.*, 2013)

5. MARCO TEÓRICO

5.1 EL AGUA

Según Chalchisa *et al.* (2017), define el agua potable como agua con características microbianas, químicas y físicas que cumplen con las pautas de la Organización Mundial de la Salud –OMS-. La directriz microbiana establece que las bacterias coliformes no deben presentarse en muestras de 100 mL de agua para dar aceptabilidad y su presencia puede indicar la posibilidad de bacterias patógenas. Para la OMS se establece en cuanto a la calidad fisicoquímica del agua potable, que el agua con valores de turbidez inferiores a 5 NTU puede considerarse segura, en estos términos de turbidez.

5.2 CALIDAD DEL AGUA

Para Alba *et al.* (2013) definen el término de calidad del agua para expresar apropiadamente el sustento del uso del agua para varios procesos. La calidad del agua es uno de los principales problemas en el tema del agua y su mejora es una de las preocupaciones fundamentales. Los sistemas de control de calidad de agua están implementados para obtener datos cuantitativos de la distribución temporal y espacial de la calidad del agua y, por tanto, las versátiles propiedades físicas, químicas y biológicas de los recursos hídricos.

De acuerdo con la OMS establece que el control de calidad implica que el abastecedor de agua, todo el tiempo es responsable de la calidad y seguridad del agua que produce y distribuye, efectuando esto a través de las buenas prácticas operativas y de excelentes mantenimientos preventivos apoyados por la evaluación de la calidad del agua de consumo humano e inspecciones sanitarias de los componentes que conforman el sistema de abastecimiento de agua. De esta manera, el control de la calidad del agua involucra el establecimiento de medidas de protección en la fuente, el tratamiento y la distribución del agua, así como la prueba rutinaria de la calidad del agua a fin de cerciorarse que los procesos de tratamiento han sido satisfactorios con la total ausencia de recontaminación en el sistema de distribución de modo de cumplir con las normas vigentes (WHO, 1997).

Según Prasad *et al.* (2021), se realizan estudios epidemiológicos y toxicológicos del agua potable para trazar medidas que contrarresten los efectos de las sustancias químicas nocivas en la salud humana.

Las estimaciones de la calidad del agua involucran diferentes parámetros y contaminantes de la calidad del agua. Estos parámetros de calidad del agua son muy variables y pueden causar en los resultados de cualquier evaluación diferentes grados de incertidumbre y variabilidad. Esta última hace referencia a la diversidad de datos para un parámetro de calidad del agua, mientras que la incertidumbre se refiere a la falta de datos o la comprensión incompleta de un sistema. La naturaleza del agua se puede categorizar mediante una evaluación de la calidad del agua, pero si no se caracteriza la variabilidad o existe un alto grado de incertidumbre, los resultados de la evaluación no serán confiables. Por lo tanto, también es importante abordar la variabilidad de los datos de calidad del agua y reducir la incertidumbre en los resultados de la evaluación, esto fue investigado por Mian *et al.* (2021).

5.3 CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA

En las Guías para la calidad del agua de consumo humano, la seguridad de los abastecimientos de agua de consumo humano, tiene que ver mucho con la aplicación de barreras múltiples, desde la captación hasta el consumidor, esto ayuda a evitar la propagación de la contaminación del agua para consumo humano o para reducirla a niveles que no vayan a ocasionar daños para la salud (OMS, 2018).

El grupo de coliformes totales, se ha elegido como las bacterias indicadoras de la presencia de organismos que provocan enfermedades en el agua potable. Es un indicador principal que le otorga al agua su aceptabilidad para el consumo. Si hay presencia en grandes cantidades de coliformes en el agua, puede también existir la posibilidad de que haya presencia de otras bacterias u organismos patógenos. La OMS exige que no haya presencia de coliformes totales en los suministros públicos de agua potable (Meride & Ayenew, 2016).

5.3.1 Coliformes totales: De acuerdo con Robert en su estudio “MICROORGANISMOS INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN CUBA” del 2014, los coliformes totales pertenecen a la familia Enterobacteriaceae, son bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos, no esporulados, fermentadores de lactosa a 35 °C con producción de gas y ácido

láctico de 24 a 48 h de incubación y pueden presentar actividad de la enzima β -galactosidasa. Se encuentran en grandes cantidades en el ambiente (fuentes de agua, vegetación y suelos), este grupo de los coliformes totales incluye microorganismos que pueden sobrevivir y proliferar en el agua, no quiere decir que están asociados necesariamente con la contaminación fecal y no necesariamente presentan un riesgo evidente para la salud. Estos son indicadores de la degradación de los cuerpos de agua. Su presencia en aguas tratadas indican una alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen, además evidencian que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes (Robert, 2014).

5.3.2 Coliformes fecales o termotolerantes: En el mismo estudio de Robert titulado “MICROORGANISMOS INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN CUBA” del 2014, define a los coliformes fecales o termotolerantes como un subgrupo de las bacterias del grupo coliformes, presentes en el intestino de animales de sangre caliente y humanos. Su origen es esencialmente fecal, tienen la capacidad de fermentar la lactosa, con producción de ácido y gas a $(44,0 \pm 0,2)$ °C en 24 h de incubación. Incluye a *Escherichia*. Indican la calidad del agua tratada y la posible presencia de contaminación fecal (Robert, 2014).

5.3.3 Aerobios mesófilos: En el conteo en placa sobre agar nutriente, con incubación a 20°C, 35°C o 37°C durante 48 ± 3 horas, es uno de los ensayos más antiguos de evaluación de la pureza del agua. El ensayo es útil como prueba de control de rutina de la calidad del agua en los diferentes procesos de tratamiento y como un método de estimación de la calidad sanitaria de la misma, esto fue descrito en las guías de laboratorio de calidad de agua potable de EMSERPA E.S.P (EMSERPA, 2017).

5.3.4 Técnica de filtración por membrana: La filtración por membrana es un mecanismo donde se obtienen en la superficie de la membrana microorganismos cuyo tamaño es mayor que el tamaño del poro $0.45 \mu\text{m}$, esto se logra, debido a que una bomba eléctrica ejerce una presión diferencial sobre la muestra de agua haciendo que se filtre. Los contaminantes que poseen un tamaño menor que el específico del poro atraviesan la membrana o quedan atrapados en su interior, las bacterias permanecen en la superficie de la membrana y posteriormente este es llevado a un medio de enriquecimiento selectivo (Navarro, 2007).

En la tabla 1 se dan a conocer las técnicas utilizadas y los límites máximos permitidos para los análisis microbiológicos.

TABLA 1. Características microbiológicas del agua potable.

Técnicas utilizadas	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>
Filtración por membrana	0 UFC/100cm ³	0 UFC/100cm ³
Enzima sustrato	< de 1 microorganismos en 100 cm ³	< de 1 microorganismos en 100 cm ³
Sustrato definido	0 microorganismos en cm ³	0 microorganismos en cm ³
Presencia Ausencia –	Ausencia en 100cm ³	Ausencia en 100cm ³

Fuente: Tomado a partir de la Resolución MPS 2115 de 2007.

5.4 CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA

Las aguas naturales pueden tener relación con el aire, suelo o vegetación y partes de estas se incorporan al agua por diferentes procesos físicos y químicos, ya sea por arrastre, por disolución o por el intercambio de gases.

El agua puede presentar degradaciones en cuanto a su calidad del agua, debido a modificaciones provocadas por las actividades humanas, las que involucra la ganadería y zonas industriales. Causando alteraciones en los ecosistemas acuáticos, en la salud y los procesos del tratamiento de agua aumentan en costos, ya que se debe eliminar de las instalaciones las corrosiones e incrustaciones, etc.

En la siguiente tabla se evidencia los parámetros fisicoquímicos que se aplicaron al agua potable del municipio de Arauca.

TABLA 2. Parámetros fisicoquímicos realizados a las muestras de aguas.

PARÁMETRO	RESOLUCIÓN MPS 2115/2007	RANGOS DE REFERENCIA DE EMSERPA	CONCEPTO
ALCALINIDAD TOTAL(CaCO ₃)	200 mg/L	<30 mg/L	Con lo definido por Petro y Wees (2014), la alcalinidad determina su capacidad para neutralizar ácidos. Un efecto de la alcalinidad es que reacciona con ciertos cationes que están en el agua, y provoca precipitados indeseados en las tuberías de agua.
CONDUCTIVIDAD	1000 µs/cm	<100 µm/cm	Para Bwire <i>et al.</i> (2020), es la capacidad del agua para pasar una corriente eléctrica. Además, Guevara y Moreno. (2019), dicen que la conductividad puede detectar contaminaciones externas en la red de distribución, verificando la conductividad en distintos puntos de la red.
CLORO RESIDUAL LIBRE	0,3–2 mg/L	<1.5 mg/L	Guevara <i>et al.</i> (2019), señalan que el cloro residual libre es un indicador de la desinfección con cloro o sus derivados. Así los valores por encima de lo permitido indican un mal tratamiento por exceso de desinfectante.
CLORUROS (Cl ⁻)	250 mg/L	<5 mg/L	Guevara <i>et al.</i> (2019), mencionan que la presencia de cloruro en agua de consumo es debida a causas naturales, efluentes industriales e intrusión marina entre otros. La presencia de niveles altos de cloruro aumenta la corrosión de los metales en las tuberías, esto depende de la alcalinidad del agua.
DUREZA CÁLCICA DUREZA TOTAL (CaCO ₃)		Dureza Cálcica:<20 Dureza Total:<30	Para la OMS (2016), el agua con una dureza >200 mg/L, en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede ocasionar la formación de incrustaciones en las instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución, las tuberías y depósitos de los edificios. Por otra parte, las aguas blandas, con una dureza <100 mg/l, pueden tener una capacidad de amortiguación del pH baja y ser, más corrosivas para las tuberías.
FOSFATOS (PO ₄ ³⁻)	0,5 mg/L	<0,2 mg/L	La presencia de fosfatos en aguas potables indica para Rodríguez <i>et al.</i> (2006), la posibilidad de contaminación del acuífero por aguas contaminadas o aguas residuales. Debido a que el fósforo se encuentra presente en cantidades relativamente altas en aguas residuales y aguas de riego agrícola, puede provocar la contaminación o infiltración de aguas residuales al yacimiento de agua potable.
FLUORURO S (F ⁻)	1,0 mg/L	<0,5 mg/L	El fluoruro es muy común en diversos minerales y la mayoría del fluoruro en aguas de consumo es de origen natural (Guevara & Moreno, 2019).
HIERRO TOTAL (Fe)	0,3 mg/L	<0,2 mg/L	Para Morales (2018), el hierro es utilizado en tratamiento de aguas potables, sirviendo de agente floculante, en cuyo caso, no es fuente de contaminación, debido a su baja concentración.
MAGNESIO (Mg)	36 mg/L	<5 mg/L	El agua con alto contenido de magnesio, puede actuar como laxante e incluso adquirir un sabor amargo (Rodríguez, 2008).
MANGANESO (Mn)	0,1 mg/L	<0,02 mg/L	Para Guevara <i>et al.</i> (2019), el Mn presente en agua se debe a la naturaleza del terreno. En aguas con grandes cantidades de oxígeno puede formar depósitos de compuestos de manganeso provocando problemas de color en el agua. A niveles >0.1 mg/l, el Mn en el agua

			de consume puede crear un sabor indeseable y manchas en la colada.
NITRATOS (NO ₃ ⁻)	10 mg/L	<3 mg/L	La OMS indica que la presencia de nitratos puede deberse a la aplicación excesiva de fertilizantes o a la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos a las aguas superficiales y subterráneas (OMS, 2006).
NITRITOS (NO ₂ ⁻)	0,1 mg/L	<0,05 mg/L	De otro lado, Petro y Wess (2014), mencionan que el ion nitrito puede estar presente en las aguas debido a la reducción microbiana o no de los nitratos. Su presencia en el agua debe considerarse como un indicio de una posible contaminación reciente y tal vez de la no potabilidad del agua debido a la toxicidad de este ion.
pH	6,5 - 9	<7,5	Teniendo en cuenta lo propuesto por la OMS (2018), el pH se debe encontrar <8 para que sea eficaz la desinfección con cloro y el agua con un pH más bajo será probablemente corrosiva. Se debe controlar el pH del agua que entra en el sistema de distribución para minimizar la corrosión del sistema de tuberías en las instalaciones domésticas, para que no haya contaminación del agua de uso y consumo humano y provocar efectos adversos sobre su sabor y aspecto.
ALUMINIO (Al ³⁺)	0,2 mg/L	<0,05 mg/L	La presencia de aluminio en el agua de consumo se debe principalmente al uso de sales de aluminio en el tratamiento de potabilización, en la fase defloculación-coagulación. Una concentración residual alta puede conferir al agua color y turbidez no deseables (Guevara <i>et al.</i> , 2019).
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	250 mg/L	<10 mg/L	Los residuos industriales liberan sulfatos al agua y mediante precipitación desde la atmósfera, las concentraciones elevadas se encuentran en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales (Guevara <i>et al.</i> , 2019). Por otro lado, la OMS (2018), declara que la presencia de sulfato en el agua de uso y consumo humano puede generar un sabor perceptible en niveles muy altos podría provocar un efecto laxante en consumidores no habituados.
TURBIEDAD	2,0 NTU	<2,0 NTU	La turbiedad, para la OMS (2018,) expresada como unidades nefelométricas de turbidez (UNT), describe la pérdida de claridad del agua causada por partículas en suspensión (ej.: sedimentos), precipitados químicos (ej.: Mn y Fe), partículas orgánicas (ej.: desechos vegetales) y organismos. La turbiedad puede ser causada por diferentes procesos como la mala calidad del agua de la fuente, el tratamiento deficiente y, en los sistemas de distribución, por la alteración de sedimentos y biopelículas o el ingreso de agua sucia a través de roturas de tuberías principales y otras fallas.

Fuente: Modificado por autora.

6. RESEÑA HISTÓRICA

Cordero y Ullauri (2011), investigaron la reseña histórica del agua potable, donde indagan que en la época en que el hombre era cazador y recolector el agua utilizada para beber era agua del río. Cuando no existen lagos y ríos las personas aprovechan los recursos de agua subterráneos que se extrae mediante la construcción de pozos. Cuando la población humana comienza a aumentar de manera extensiva, y no existen suficientes recursos disponibles de agua, se necesita buscar otras fuentes diferentes de agua. Aproximadamente hace 7000 años en Jericó, el agua almacenada en los pozos se utilizaba como fuente de recursos de agua, además se empezó a construir los sistemas de transporte y distribución del agua, para facilitar su consumo. El transporte comenzó con la implementación de canales sencillos, mediante la excavación en la arena o las rocas y más tarde se comenzarían a utilizar tubos huecos. Un ejemplo claro está en Egipto, donde se utilizaban árboles huecos de palmera mientras en China y Japón utilizaban troncos de bambú y más tarde, se comenzó a utilizar cerámica, madera y metal. Alrededor del año 3000 a.C., en la ciudad de Mohenjo-Daro (Pakistán) utilizaban instalaciones y necesitaban un suministro de agua muy grande. En esta ciudad ya ofrecían el servicio de baño público, instalaciones de agua caliente y baños. Debido al crecimiento de la población se vieron obligados al almacenamiento y distribución (mediante la construcción de una red de distribución) del agua. El agua utilizada se retiraba mediante sistemas de aguas residuales, a la vez que el agua de lluvia. Los griegos fueron de los primeros en tener interés en la calidad del agua. Ellos utilizaban represas de aireación para la purificación del agua. Los romanos fueron los mayores arquitectos en construcciones de redes de distribución de agua que ha existido a lo largo de la historia. Además, en esta investigación de Cordero y Ullauri, afirman, que los romanos utilizaban recursos de agua subterránea, ríos y agua de escorrentía para su aprovisionamiento. Incluso, los romanos también construyeron presas para el almacenamiento y retención artificial del agua. Para la purificación del agua se utilizaba el sistema de tratamiento por aireación. El agua de mejor calidad y por lo tanto más popular era el agua proveniente de las montañas. Los acueductos son los sistemas utilizados para el transporte del agua. Los sistemas de tuberías en las ciudades utilizan cemento, roca, bronce, plata, madera y plomo. Las fuentes de agua se protegían de contaminantes externos. Después de la caída del imperio Romano, los acueductos se dejaron de utilizar. Desde el año 500 al 1500 d.C. hubo poco desarrollo en relación con los sistemas de tratamiento del agua. Durante la edad media se manifestaron gran cantidad de problemas de higiene en el agua y los sistemas de distribución de plomo, porque los residuos y excrementos se vertían directamente a las aguas. Esto traía graves consecuencias, ya que la gente enfermaba y moría al beber estas aguas. Con el fin de evitar estas consecuencias se utilizaba agua existente fuera de las ciudades que no estaban afectadas por la contaminación. Esta agua se llevaba a la ciudad mediante los llamados portadores. El primer sistema de suministro de agua potable a una ciudad completa fue construido en

Paisley, Escocia, alrededor del año 1804 por John Gibb. En tres años se comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow.

En 1806, Paris empieza a funcionar la mayor planta de tratamiento de agua. El agua sedimenta durante 12 horas antes de su filtración. Estos filtros estaban contruidos a partir de arena, carbón y su capacidad era de seis horas. En 1827, el inglés James Simplón construye un filtro de arena para la purificación del agua potable. Hoy en día todavía se considera el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública (Cordero & Ullauri, 2011).

Según la información dada en la página de la empresa EMSERPA E.S.P (<https://www.emserpa.gov.co/sitio/es/institucional/nosotros/resena-historica.html>), con el Decreto MHCP (Ministerio de Hacienda y Crédito Público) 503 de 1940, se crea el Fondo de Fomento Municipal, adscrito al Ministerio de Hacienda, cuyo objetivo era la canalización de los recursos financieros para el Desarrollo Municipal, ampliando la cobertura de acción paratodos los municipios del país.

Con el Decreto MPS 289 de 1950, se creó el Instituto Nacional de Fomento Municipal INSFOPAL, la cual agrupaba las Acuas y Empos, cuyas funciones eran financiar, planificar, construir, operar y administrar servicios de Acueducto y Saneamiento Básico, sin capacidad para tener sus propias empresas, y es por primera vez cuando se empieza a hablar de servicios públicos. En el Municipio de Arauca, el proceso inició con la Empresa ACUANORTE, dependiendo de la central de Norte de Santander, aproximadamente en 1964.

En 1971, se iniciaron los primeros pozos para el Alcantarillado Sanitario, construyéndose un pozo profundo en la calle 23 con carreras 16 y 17. En julio de 1977, mediante acuerdo 03 del 12 de marzo, se transformó en la Empresa de Obras Sanitarias de Arauca Ltda. EMPOARAUCA, entidad adscrita al instituto de Fomento Municipal - INSFOPAL. En 1987, el gobierno ordena la liquidación de INSFOPAL, y se descentraliza el sector hacia los municipios y se crea la Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico a cargo del Ministerio de Obras Públicas, fortaleciéndose el esquema de financiamiento municipal a través del Fondo Financiero de Desarrollo Urbano - FFDU, del Banco Central Hipotecario lo que originó que los municipios asumieran directamente la prestación de estos servicios. Mediante Acuerdo 026 de octubre de 1988 del Concejo Municipal de Arauca, se crea como Empresa prestadora de los servicios públicos a EMSERPA E.S.P. Mediante Acuerdo Municipal No. 023 del 08 de diciembre de 1993, se modificó el Acuerdo 026 de 1988, dándole a EMSERPA la administración de los servicios de Aseo Público, Matadero Municipal El Rodeo, Plaza de Mercado, Cementerio y paso de la canoa por el río Arauca.

De igual forma a partir de enero de 1995, se asignó a EMSERPA el manejo de los equipos de desocupación de pozos sépticos, los cuales eran manejados por el Servicio Seccional de Salud. Por Decreto 0004 del 09 de enero de 1997 expedido por el Alcalde Municipal de Arauca, en cumplimiento a la Ley 142 de 1994, se transforma en Industrial y Comercial del Estado del orden Municipal, con el objeto de prestar los servicios públicos domiciliarios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo en el área de la jurisdicción del Municipio de Arauca. Dotada de personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio independiente (EMSERPA, 2017). Al igual que la Reseña Histórica, la Misión y la Visión también fue tomada de las páginas de la empresa EMSERPA E.S.P.

6.1 MISIÓN EMSERPA E.S.P

EMSERPA es una empresa dedicada a la prestación de servicios públicos domiciliario de acueducto y alcantarillado en el municipio de Arauca en el casco urbano, buscando garantizar la calidad de vida de las personas, la optimización de recursos y la mejora continua (EMSERPA, 2017).

6.2 VISIÓN EMSERPA E.S.P

Para el año 2025 será una empresa eficiente y eficaz manteniendo un diálogo activo con los grupos de interés dando respuestas oportunas y veraces, asegurando que la calidad del agua y que el servicio prestado sea óptimo para los usuarios (EMSERPA, 2017).

7. MARCO LEGAL

7.1 Resolución MPS 2115 (22 jun 2007) emanada por el Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

7.2 Decreto MPS 1575 de mayo 9 de 2007, Ministerio de la Protección Social. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

7.3 Resolución del Ministerio de Salud y Protección Social Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio 0549 de 2017. Por la cual se adopta la guía que incorpora los criterios y actividades mínimas de los estudios de riesgo, programas de reducción de riesgo y planes de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano y se dictan otras disposiciones

7.4 Resolución MPS 4353 del 23 de octubre de 2013, emanada por el Ministerio de Salud y Protección Social. Por la cual se autorizan laboratorios para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano

7.5 Resolución 811 del 5 de marzo de 2008, Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por medio de la cual se definen los lineamientos apartir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.

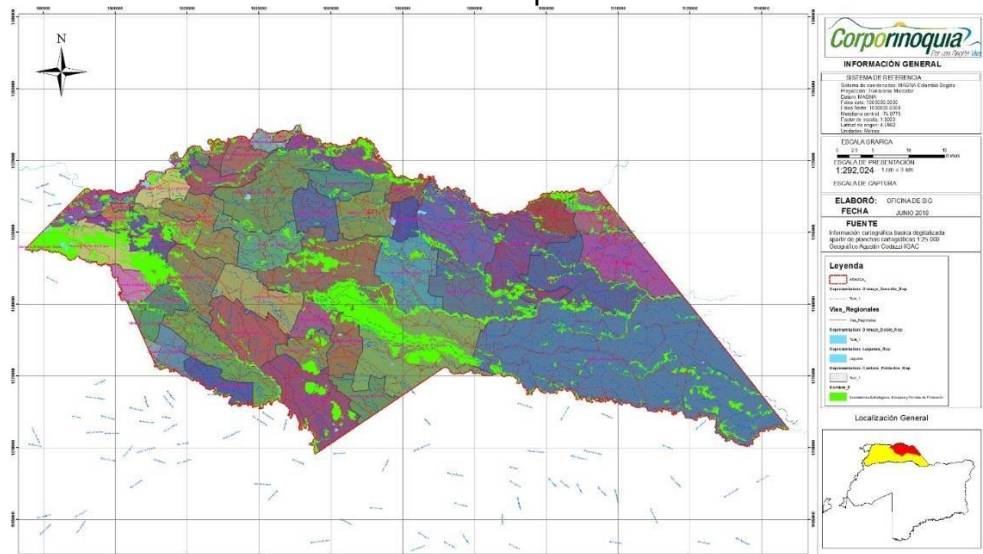
7.6 Resolución MPS 082 del 6 de enero de 2009, Emanada por el Ministerio de la Protección Social. Por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano.

8. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE ARAUCA

Para la Gobernación de Arauca, Arauca tiene como nombre completo Villa de Santa Bárbara de Arauca (actualmente no utilizado) y está localizada en las coordenadas geográficas N 07° 05' 25" - W 70° 45' 42", sobre el margen sur del río que lleva el mismo nombre. Limita con la República Bolivariana de Venezuela al norte, donde está conectada mediante el Puente Internacional José Antonio Páez y se comunica por vía terrestre hacia el centro de Colombia por la Ruta de los Libertadores que une a las ciudades de Caracas y Bogotá (Gobernación de Arauca, 2016).

Para el año 2018 el DANE informó que el municipio de Arauca contaba con 92.107 habitantes en un área de 5.751 Km², además que cuenta con una altitud de 119 m.s.n.m, con temperatura de 30°C (Toda Colombia, 2019).

IMAGEN 1. Municipio de Arauca



Fuente: Comité técnico interinstitucional de educación ambiental.

9. ACTIVIDADES REALIZADAS

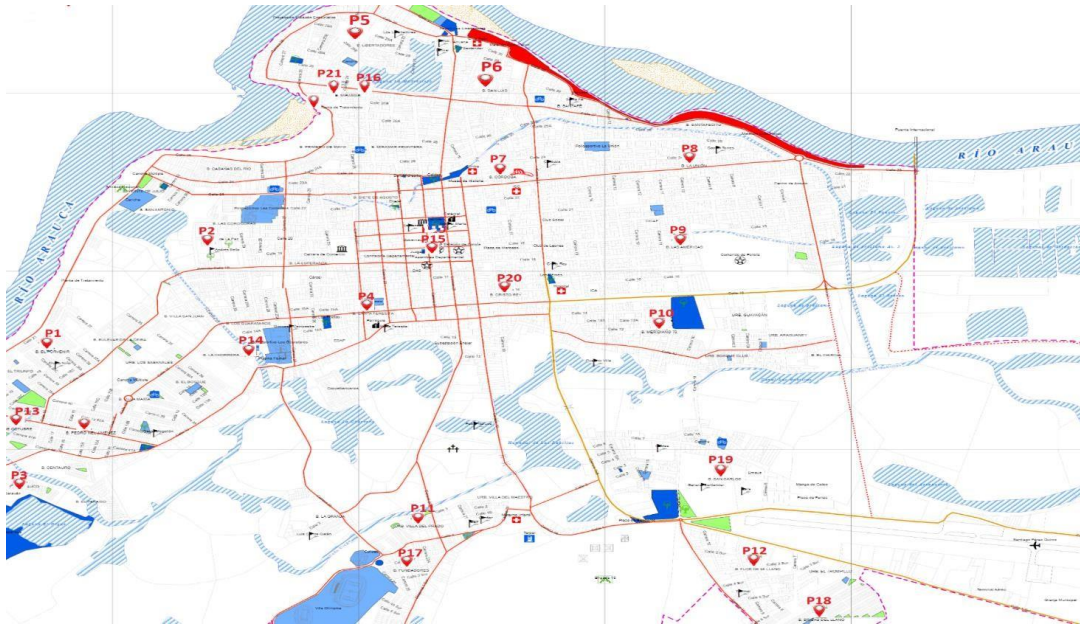
- ✓ Se hizo acompañamiento a la auxiliar de laboratorio en la toma de muestras de agua para la realización de los análisis microbiológicos, organolépticos y fisicoquímicos de la planta de tratamiento y de los diferentes puntos de la red de distribución, así mismo se realizó la medición del parámetro “*in situ*” cloro residual libre en cada una de las muestras tomadas.
- ✓ Se ejecutó los análisis microbiológicos y fisicoquímicos a las muestras provenientes de la planta de tratamiento y de la red de distribución.
- ✓ Se realizó acompañamiento en la toma de muestras efectuadas por el técnico de saneamiento de la Unidad Administrativa Especial de Salud de Arauca (UAESA) y la medición de los parámetros “*in situ*” en cada una de ellas.
- ✓ Se efectuó actividades administrativas del laboratorio que se asignaron por el supervisor.
Se asistió a las reuniones que citó el supervisor de la pasantía con la finalidad de hacer seguimiento y control. Se entregó al supervisor mensualmente, informe con la totalidad de las actividades realizadas y los resultados de las mismas con soportes respectivos.

10. METODOLOGÍA

10.1 MUESTREO

Se monitoreó la calidad del agua potable proveniente del río Arauca en la planta de tratamiento como de los 21 puntos de muestreo distribuidos por el municipio de Arauca (tabla 3). La localización geográfica de puntos de toma de muestras se ubica en el mapa (**gráfico 1**). Los muestreos se realizaron durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre del año 2021. Los envases se rotularon con el nombre y número del punto de muestreo, en un acta de toma de muestras de agua se consignaron las horas de recolección y dirección de los puntos. La recolección de las muestras, se hizo de manera simple y puntual, comenzando por un punto inicial seguido de uno central y por último un punto final. Para cada punto de muestreo se realizó una limpieza y desinfección con jabón neutro, cloro y una posterior flameación. Se dejó correr el agua el tiempo suficiente de tal manera que se purgara la cañería que llega desde el tanque de distribución. Luego de esto se realizó *in situ* la técnica de cloro residual libre en cada punto, seguido se recogió en un recipiente estéril de 250 mL que contenía 200 µL de tiosulfato de sodio para el análisis microbiológico y un recipiente plástico de 500 mL para el análisis fisicoquímico, este se enjuagó primeramente dos o tres veces con el agua a muestrear para purgar el recipiente, luego de que este estuviese limpio y purgado se procedió a llenarlo directamente con el agua del grifo y se tapó. Para el transporte de las muestras fue necesario que las muestras se mantuvieran refrigeradas hasta ser llevadas al laboratorio, ya que tanto las temperaturas mayores a 6°C como la luz provocan la multiplicación de los microorganismos e invalidan la muestra, ocasionando falsos resultados.

Gráfico 1. Localización del área de los puntos de la red de distribución de agua para los análisis de laboratorio.



Fuente: StudyLib. Mapa municipio de Arauca.

Se puede evidenciar geográficamente los diferentes puntos de la red de distribución, ubicados en los distintos barrios del municipio de Arauca.

La siguiente tabla se realizó con el fin de conocer el sector y la dirección de cada uno de los puntos de la red de distribución localizados geográficamente en el gráfico 1.

TABLA 3. Sector y dirección de los 21 puntos de red de distribución asignados por la empresa EMSERPA E.S.P para la toma de muestras de aguas.

Punto de red de distribución	Sector	Dirección
1	Porvenir	Cr 38 Calle 20
2	Ciudad Jardín	Calle 17B Cr 30
3	Alcaraván	Al frente de la fundación “El alcaraván” víaplayitas
4	Santa Teresita	Calle 12 Cr 22
5	Libertadores	Cr 25 Calle 29
6	San Luis	Calle 28 Cr 17
7	Córdoba	Calle 22 Cr 17
8	Unión	Calle 26 Cr 9
9	Américas	Cr 13 Calle 18
10	Meridiano 70	Sub-Estación
11	Villa del Prado	Cr 23ª Calle 1 Sur
12	Flor de mi Llano	Calle 4 Cr 7
13	12 de Octubre	Cr 41 Calle 18ª
14	Flor Amarillo	Cr 31 Calle 13
15	Centro	Calle 18 Cr 21
16	Miramar 16	Calle 26 Cr 23
17	Fundadores	Calle 1 Sur Cr 23
18	Brisas del Llano	Calle 1 Sur Cr 3
19	San Carlos	Calle 7 Cr 11
20	Cristo Rey	Calle 19 Cr 18
21	Miramar 21	Calle 26ª Cr 23

Fuente: Autora

10.2 ANÁLISIS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE

10.2.1 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Para llevar a cabo los correspondientes análisis microbiológicos a las muestras de agua, se ejecutaron de acuerdo a lo establecido en las guías del laboratorio de calidad de agua de EMSERPA E.S.P. donde se describe a continuación los procedimientos.

10.2.1.1 Coliformes totales y *E.coli*: Se tomaron embudos previamente estériles y se situaron sobre una estructura Manifold de 3 puestos de acero inoxidable, posterior a esto se colocó una membrana de nitrocelulosa de 0.45 μm sobre el filtro de cada embudo. Seguido se tomaron 100 mL de la muestra de agua y se añadió al filtro, se procedió a accionar la bomba de vacío para dar paso libre a las muestras de agua, donde se permitió la captación de los microorganismos. Se procedió a colocar la membrana con pinza estéril sobre medio Chromocult. Incubándose a 37°C por 24 horas.

10.2.1.2 Microorganismos mesófilos: Este análisis se realizó acatando el Decreto MPS 1575/07 y la Resolución MPS 2115 del 2007, para el monitoreo de la calidad del agua para consumo humano en los diferentes sectores del municipio, para esto se tomaron embudos previamente estériles y se situaron sobre una estructura Manifold de 3 puestos de acero inoxidable, posterior a esto se colocó una membrana de nitrocelulosa de 0.45 μm sobre el filtro del embudo. Seguido se tomaron 100 mL de la muestra de agua y se añadió al filtro, se procedió a accionar la bomba de vacío para dar paso libre a las muestras de agua, donde se permitió la captación de los microorganismos. Se procedió a colocar la membrana con pinza estéril sobre medio Plate count. Incubándose a 37°C por 48 horas.

10.2.2 ANÁLISIS *IN SITU*.

En el caso, cuando se tomaron muestras por parte de la empresa EMSERPA E.S.P así como también de la Unidad Administrativa Especial de Salud de Arauca (UAESA), se realizaron los siguientes parámetros *in situ*, como requisito importante para la toma de muestras de los diferentes puntos de la red de distribución (**anexo B**).

10.2.2.1 pH y temperatura: Se verificó el pH-metro con tres soluciones tampón de 4, 7 y 10 unidades de potencial de hidrógeno respectivamente. Una vez verificado, se enjuagó el electrodo con agua destilada y posteriormente se enjuagó con la solución del analito que se quiere caracterizar. El valor del pH está

relacionado directamente con la temperatura, dicho esto, para obtener una lectura confiable de un mismo equipo en la sonda de medición se incorpora el sensor de temperatura para obtener resultados directos.

10.2.2.2 Conductividad: Se verificó equipo multiparámetro con dos patrones de calibración de 84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1814 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se lavó el electrodo con agua destilada y se introdujo directamente sobre el recipiente de la muestra de agua, se dejó un tiempo pertinente hasta lograr un valor exacto.

10.2.2.3 Cloro residual libre: Se tomaron 10 mL de la muestra en una celda de vidrio de 25 mL y se llevó al equipo colorímetro, se leyó primero el blanco y se procedió a agregar un sobre de reactivo para medición de cloro DPD, en presencia de cloro el agua toma un color rosa-fucsia, y se cuantificó el resultado.

10.2.3 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS

Para llevar a cabo los correspondientes análisis fisicoquímicos a las muestras de agua, se ejecutaron de acuerdo a lo establecido en las guías de procedimientos fisicoquímicos del laboratorio de calidad de agua de EMSERPA E.S.P, donde a su vez estas guías se elaboraron a partir del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition del año 2012.

10.2.3.1 Alcalinidad total: En un erlenmeyer o vaso de precipitado se agregaron 100 mL de muestra y se le adicionó 2 gotas de tiosulfato de sodio y 4 gotas de indicador mixto. La titulación se realizó con una solución de ácido sulfúrico 0,002N y un sensor de pH hasta lograr un valor de potencial de hidrógeno de 4,5.

10.2.3.2 Aluminio: Se adicionaron 50 mL de la muestra en un tubo mezclador de 50 mL. Se añadió un sobre de reactivo de ácido ascórbico, se agitó hasta disolver completamente. Se dejó reaccionar por 30 segundos y seguido se añadió un sobre de reactivo AluVer 3 se agitó hasta su total dilución durante 1 minuto. En presencia de aluminio aparece un color naranja-rojo. Para la preparación del blanco se tomaron 10 mL de la solución preparada previamente y se le agregó un blíster de agente blanqueador Bleaching Reagent en una celda cuadrada y se agitó durante 30 segundos. Se dejó reaccionar durante 15 minutos y finalmente en una celda cuadrada aparte se tomaron 10 mL de la muestra preparada previamente para proceder a la lectura del parámetro.

10.2.3.3 Cloro residual libre: Se tomaron 10 mL de la muestra en una celda de vidrio de 25 mL y se llevó al equipo colorímetro, se leyó primero el blanco y se procedió a agregar un sobre de reactivo para medición de cloro DPD, en presencia de cloro el agua toma un color rosa-fucsia, y se cuantificó el resultado.

10.2.3.4 Cloruros: Se tomaron 10 mL de muestra en una celda cuadrada de vidrio y se le agregó 1 mL solución tiocianato de mercurio, se agitó y se le adicionó 0,5 mL de solución ión férrico. Se agitó suavemente hasta su total dilución y se esperó durante 2 minutos para cuantificar el valor de cloruros presentes en la muestra.

10.2.3.5 Color aparente: Se tomaron 10 mL de agua destilada para el blanco y 10 mL de muestra para analizar en una celda cuadrada cada solución. La celda que contenía la muestra se llevó a un espectrofotómetro para leer su respectivo resultado.

10.2.3.6 Conductividad: Se verificó equipo multiparámetro con dos patrones de calibración de 84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1814 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se lavó el electrodo con agua destilada y se introdujo directamente sobre el recipiente de la muestra de agua, se dejó un tiempo pertinente hasta lograr un valor exacto.

10.2.3.7 Dureza cálcica: En un erlenmeyer o material de vidrio apto para agitación y mezclado se dispusieron 50 mL del analíto y se le agregaron 2 mL de solución de hidróxido de sodio y un sobre de indicador de muréxida obteniendo un color lila. Se inició la titulación por medio de una bureta digital para cuantificarla cantidad de solución EDTA incorporada a la solución. El proceso culminó cuando la solución viró de color lila a fucsia claro.

10.2.3.8 Dureza total: En un erlenmeyer o material de vidrio apto para agitación y mezclado se dispusieron 50 mL del analíto y se le agregó 1 mL de solución pH 10 y una pizca de indicador NET obteniendo un color fucsia. Se inició la titulación por medio de una bureta digital para cuantificar la cantidad de solución EDTA incorporada a la solución. El proceso culminó cuando la solución viró de color fucsia a azul claro.

10.2.3.9 Fosfatos: Se tomaron 10 mL de agua destilada para el blanco y 10 mL de muestra para analizar en una celda cuadrada cada solución, posterior a esto se agregó un sobre de reactivo de fosfato PhosVer a la celda con muestra, se agitó por 30 segundos suavemente y se dejó reaccionar por 2 minutos. Pasado este tiempo se procedió a leer los resultados en un espectrofotómetro con su código correspondiente.

10.2.3.10 Fluoruros: Se tomaron 10 mL de agua destilada para el blanco y 10 mL de muestra para analizar en una celda cuadrada cada solución, en cada celda se agregaron 2 mL de solución SPADNS, se sellaron con tapones de neopreno y se agitaron hasta su total dilución. Se esperó durante 1 minuto para proceder a la medición del parámetro.

10.2.3.11 Hierro total: Se tomaron 10 mL de agua destilada para el blanco y 10 mL de muestra para analizar en una celda cuadrada cada solución. Posteriormente se agregó un sobre de reactivo de hierro Ferro Ver a la celda con muestra, se selló con un tapón de neopreno, se agitó suavemente y se dejó reaccionar por 3 minutos. Pasado este tiempo se procedió a leer los resultados en un espectrofotómetro con su código correspondiente.

10.2.3.12 Magnesio: También se cuantificó matemáticamente por medio de una fórmula en la que se involucra la dureza total y la dureza cálcica. $Mg = (DT - DC) * 0,243$

10.2.3.13 Manganeso: Se tomaron 10 mL de muestra en una celda cuadrada y se agregó un blíster de ácido ascórbico, seguido a ello se selló con un tapón de neopreno y se agitó hasta su total dilución; luego de este paso se agregan 12 gotas de cianuro alcalino, se mezcló y por último se agregaron 12 gotas de indicador PAN. Finalmente se esperaron 2 minutos de reacción para poder cuantificar el valor del manganeso presente. Para el blanco se realizó el mismo procedimiento, pero se utilizó agua destilada.

10.2.3.14 Nitratos: Se tomaron 10 mL de agua destilada para el blanco y 10 mL de muestra para analizar en una celda cuadrada cada solución, posterior a esto se agregó un sobre de reactivo de nitrato Nitriver a la celda con muestra, se agitó por 1 minuto suavemente y se dejó reaccionar por 5 minutos. Pasado este tiempo se procedió a leer los resultados en un espectrofotómetro con su código correspondiente.

10.2.3.15 Nitritos: Se tomaron 10 mL de agua destilada para el blanco y 10 mL de muestra para analizar en una celda cuadrada cada solución, posterior a esto se agregó un sobre de reactivo de nitrito Nitriver 3 a la celda con muestra, se agitó suavemente hasta su total dilución y se dejó reaccionar por 20 minutos. Pasado este tiempo se procedió a leer los resultados en un espectrofotómetro con su código correspondiente.

10.2.3.16 pH y temperatura: Se verificó el pH-metro con tres soluciones tampón de 4, 7 y 10 unidades de potencial de hidrógeno, respectivamente. Una vez verificado, se enjuagó el electrodo con agua destilada y posteriormente se enjuagó con la solución del analito que se quiere caracterizar. El valor del pH está relacionado directamente con la temperatura, dicho esto, para obtener una lectura confiable de un mismo equipo en la sonda de medición se incorpora el sensor de temperatura para obtener resultados directos.

10.2.3.17 Sulfatos: Se tomaron 10 mL de agua destilada para el blanco y 10 mL de muestra para analizar en una celda cuadrada cada solución, posterior a esto se agregó un sobre de reactivo de SulfaVer 4 en la celda con muestra, se agitó fuertemente y se dejó reaccionar por 5 minutos. Pasado este tiempo se procedió a leer los resultados en un espectrofotómetro con su código correspondiente.

10.2.3.18 Turbiedad: Se tomaron 10 mL del analito en una celda cilíndrica de 25 mL, se le adicionó una capa de silicona y se limpió con un paño antiestático; finalmente se llevó al equipo turbidímetro, se contaron 13 segundos hasta que el valor se estabilizó.

10.2.4 ANÁLISIS ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO - %IRCA.

Para el desarrollo del análisis, se siguió lo establecido en la Resolución MPS 2115 de 2007, donde este análisis indica en qué nivel de riesgo se puede encontrar el agua para consumo humano, ya sea, físico, químico o microbiológico, asignando un puntaje establecido para cada técnica y dando cumplimiento o no a los valores establecidos en la norma mencionada anteriormente.

Para esto, el porcentaje del valor del IRCA, se determinó de acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis mensuales, tanto microbiológicos como fisicoquímicos de las muestras de agua potable.

A continuación se describe las fórmulas para determinar el %IRCA por muestra y

mensual, teniendo en cuenta las características microbiológicas, físicas y químicas.

- **Fórmula para determinar UFC/100 mL**

$$\frac{UFC}{100mL} = \frac{N^{\circ} \text{ Colonias Contadas}}{V_{lm} \text{ filtrado} * v_{lm} \text{ dilución}} \times 100$$

- **Determinación del porcentaje de remoción microbiana**

$$\% \text{Remoción} = \frac{(\text{concentración inicial} - \text{Concentración final})}{\text{Concentración inicial}} \times 100$$

- **Fórmula para determinar el %IRCA por muestra**

$$\begin{aligned} \%IRCA \\ = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntajes de riesgo de todas las características analizadas}} \times 100 \end{aligned}$$

- **Fórmula para determinar el %IRCA mensual**

$$\begin{aligned} \%IRCA \\ = \frac{\sum \text{de los IRCAS obtenidos en cada muestra realizadas en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas en el mes}} \times 100 \end{aligned}$$

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	M E S	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	S E M A N A	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Inducción																					
Toma de muestras de agua.																					
Análisis microbiológicos, organolépticos y fisicoquímicos																					
Toma de muestras con la UAESA																					
Actividades administrativas, asistencia a reuniones y entrega de resultados.																					
Planteamiento del trabajo de grado.																					
Recolección de información.																					
Diseño de metodología.																					
Desarrollo del trabajo de grado.																					
Entrega final y sustentación.																					

12. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con el fin de conocer las características tanto microbiológicas y fisicoquímicas del agua potable distribuida a los usuarios del municipio de Arauca, EMSERPA cuenta con un punto principal que es el del tanque de distribución y cuenta además con 21 puntos de distribución de agua. Los resultados obtenidos por cada uno de los parámetros se referenciaron mensualmente.

12.1 RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Respecto a las características microbiológicas del agua potable, los análisis evaluados se mencionan en la tabla 4, utilizando el método de filtración por membrana.

TABLA 4. Resultados promedio mensuales de los análisis microbiológicos

ANÁLISIS	MÉTODO	RESOLUCIÓN MPS 2115/2007	MEDIO	TEMPERATURA	RESULTADOS PROMEDIO DE LOS RECuentos MENSUALES (UFC/100 mL)				DESVIACIÓN ESTÁNDAR
					AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	
COLIFORMES TOTALES	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	0 UFC/100 mL	Chromocult	35°C ± 2 °C	0	0	0	0	0
COLIFORMES FECALES	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	0 UFC/100 mL		35°C ± 2 °C	0	0	0	0	0
AEROBIOS MESÓFILOS	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	100 UFC/ 100 mL	Plate count	35°C ± 2 °C	6	3	5	5	5

Fuente. Autora.

Se realizó el promedio para todos los meses (agosto, septiembre, octubre, noviembre) con el fin de dar a conocer si el agua potable era apta o no para consumo humano, cumpliendo con la Resolución MPS 2115 del 2007, donde los análisis microbiológicos (coliformes totales, coliformes fecales, aerobios mesófilos) no excedieron los límites de la norma.

- **COLIFORMES TOTALES**

Según la OMS (2018), el grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales. Los coliformes totales incluyen microorganismos que pueden sobrevivir y proliferar en el agua. Por consiguiente, no son útiles como indicadores de agentes patógenos fecales, pero pueden utilizarse para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelículas. Se ha propuesto que los coliformes totales se podrían usar como un indicador de la desinfección. Sin embargo, el análisis de coliformes totales es mucho más lento y menos confiable que la medición directa de la concentración del desinfectante residual. Además, los coliformes totales son mucho más sensibles a la desinfección que los virus entéricos y protozoos. Debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección; la presencia de estos microorganismos indica que el tratamiento es inadecuado. La presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y en el agua almacenada puede revelar reproducción y posible formación de biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materiales extraños, como tierra o plantas.

Para Golaki *et al.* (2021), indican que los coliformes totales se consideran indicadores de la calidad del agua. Por lo tanto, si existe una relación entre la concentración de nitrato y nitrito en el agua potable y la concentración de coliformes totales, se pueden usar factores de calidad del agua como nitrato y nitrito para estimar la concentración de coliformes.

Siguiendo con este mismo estudio, se informa que en 2013, hubo casi 1,8 millones de muertes, por enfermedades como diarrea y cólera debido a un saneamiento e higiene inadecuados. En todo el mundo, la diarrea ocupa el segundo lugar después de las infecciones respiratorias, causando la mayoría de muertes en niños de 5 años.

En África casi el 40% de habitantes no cuenta con agua potable y estudios han comprobado la contaminación de estas aguas con *E. coli* y se comprueba una deficiencia de las prácticas de higiene.

Es un desafío mantener la calidad y seguridad del agua potable, ya que es fácil de contaminarse por actividades del hombre o por daños naturales, además cabe resaltar que la contaminación del agua potable no solo se ve afectada por la contaminación fecal, sino también por crecimiento en las tuberías de la red de distribución.

Finalizando con el estudio, mencionan que la calidad y seguridad del suministro de agua es un pilar para la prevención primaria y el control de microorganismos patógenos (bacterias, virus, protozoos y helmintos). Como resultado, la cloración se aplica mucho como método de desinfección y destruye muchos microorganismos y determina la indicación de un suministro de agua segura libre de bacterias y otros organismos (Mekonnen *et al.*, 2020).

En relación a la Tabla 4, para el análisis de COLIFORMES TOTALES, no se

evidenció la presencia de microorganismos de este grupo, dando así un 100% de aceptabilidad para el agua potable distribuida por la planta de tratamiento, ya que para los meses estudiados se presentó un valor promedio mensual de 0 UFC/100 mL, dando así cumplimiento a la Resolución MPS 2115 del 2007, donde el rango no permite la presencia o formación de colonias por cada 100 mL de agua potable. Dicho esto el agua que se distribuyó para los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre se encontró apta para consumo humano.

- **COLIFORMES FECALES**

Para la OMS (2018), la presencia de *E. coli* (o bien de coliformes termotolerantes) es indicador de una contaminación fecal reciente, por lo que tras su detección debería considerarse la toma de medidas adicionales, como la realización de otros muestreos y la investigación de las posibles fuentes de contaminación, como un tratamiento inadecuado o alteraciones en la integridad del sistema de distribución.

Las bacterias indicadoras más importantes, en términos de su importancia, incluyen *E. coli*, coliformes y otros coliformes termotolerantes. La presencia de estas bacterias en el agua es un indicador de un proceso de desinfección insuficiente. La presencia de los coliformes termotolerantes, excepto *E. coli*, se da, ya que ingresan por medio de aguas residuales en las aguas potables, o por deterioro de su naturaleza, ya sea por suelo y agua (Fatemeh *et al.*, 2015).

Con respecto a la Tabla 4, se puede dar cumplimiento del 100% para el análisis de coliformes fecales, ya que para los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre el valor promedio mensual para este análisis fue de 0 UFC/100mL, obedeciendo así con la Resolución MPS 2115 del 2007, donde el rango para dar cumplimiento al agua potable distribuida debe ser de 0 UFC/100mL.

- **AEROBIOS MESÓFILOS**

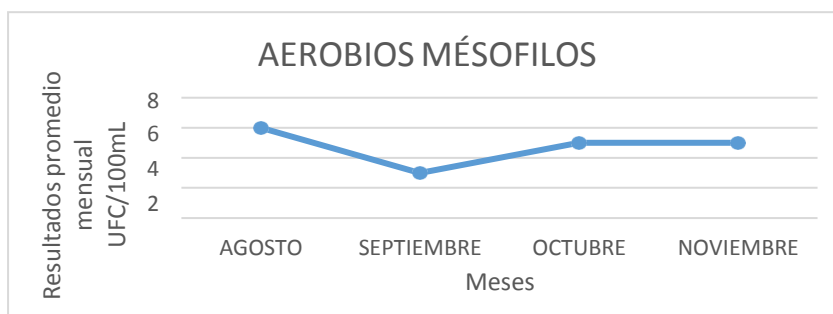


GRÁFICO 2: Resultados promedio mensuales para el análisis de aerobios mesófilos, expresados en UFC/100mL.

Los aerobios mesófilos determinan la efectividad del tratamiento de aguas. El recuento de bacterias mesófilas en el agua no necesariamente aporta información directa de la naturaleza u origen de estos microorganismos, sin embargo, es un indicador que complementa la presencia de coliformes en el agua. Los mesófilos

agrupan a todos aquellos microorganismos capaces de crecer a temperaturas óptimas de 37 °C, sin embargo se pueden desarrollar en un rango entre 20 a 40 °C, sin ningún inconveniente por lo que se pueden emplear como indicadores de la presencia de contaminantes o riesgos de contaminación. Se debe recordar que las bacterias patógenas o de alto riesgo para la salud pertenecen a este grupo, de ahí radica la importancia de su determinación en cualquier producto que pueda emplearse para consumo humano como es el agua de los mantos acuíferos (Gil *et al.*, 2013).

Para el análisis de AEROBIOS MESÓFILOS, el resultado promedio mensual en el mes de agosto fue de 6 UFC/100mL, para el mes de septiembre el valor promedio mensual fue de 3 UFC/100mL, para el mes de octubre el valor promedio mensual fue de 5 UFC/100mL y por último para el mes de noviembre el valor promedio mensual fue de 5 UFC/100mL. De este modo se puede decir que para este análisis hubo un cumplimiento con respecto a lo que rige la Resolución MPS 2115 del 2007, donde el valor permitido para AEROBIOS MESÓFILOS se debe encontrar dentro del rango de 100 UFC/100mL.

12.2 RESULTADOS FISICOQUÍMICOS

Respecto a las características fisicoquímicas del agua potable, los parámetros evaluados se mencionan en la tabla 5, donde a su vez fueron agrupados de acuerdo al método utilizado, ya sea fotométricos, titulométricos, potenciométrico, físico y nefelométrico.

TABLA 5. Resultados promedio mensuales de los análisis fisicoquímicos.

PARÁMETRO	MÉTODO	RESOLUCIÓN MPS 2115/20 07	RESULTADOS PROMEDIOS MENSUALES				DESVIACIÓN ESTANDAR
			AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	
ALUMINIO (mg/L)	FOTOMÉTRICOS	≤ 0.2	0,01	0,01	0,01	0,008	0,095
COLOR APARENTE (UPC)		≤ 15	4,98	5,02	4,13	2,88	4,25
FOSFATOS (mg/L)		≤ 0,5	0,05	0,06	0,07	0,09	0,07
FLUORUROS (mg/L)		≤ 1	0,15	0,15	0,13	0,19	0,15
HIERRO TOTAL (mg/L)		≤ 0,3	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
MANGANESO (mg/L)		≤ 0.1	0,003	0,004	0,003	0,005	0,003
NITRATOS (mg/L)		≤ 10	1,31	1,16	1,14	0,94	1,13
NITRITOS (mg/L)		≤ 0,1	0,006	0,004	0,003	0,002	0,003
SULFATOS (mg/L)		≤ 250	5	5	5	7	5.5
CLORUROS (mg/L)		≤ 250	1,92	2,43	2,71	3,23	2,5
ALCALINIDAD	TITULOMÉTRICOS	≤ 200	16,71	13,92	15,43	15,77	15,45

TOTAL (mg/L)							
DUREZA CÁLCICA (mg/L)		≤ 150	16,21	14,2	14,8	15,21	15,11
DUREZA TOTAL (mg/L)		≤ 300	27,9	25,9	26,2	27,1	26,77
MAGNESIO (mg/L)		≤ 36	2,86	2,85	2,78	2,88	2,84
CLORO RESIDUAL LIBRE (mg/L)		0,3 – 2,0	0,85	0,90	0,90	0,86	0,87
pH	POTENCIO MÉTRICO	6,5-9,0	7,1	7,1	7,1	7,2	7,1
CONDUCTIVIDAD (µs/cm)		≤ 1000	52,24	57,37	64,54	73,93	72,02
TEMPERATURA (°C)	FÍSICO	°C	27,5	28,2	28,6	28,8	28,3
TURBIEDAD (NTU)	NEFELOMÉTRICO	≤ 2.0	0,592	0,628	0,429	0,283	0,483

Fuente. Autora

En la Tabla 5 se puede observar el resultado promedio para todos los meses (agosto, septiembre, octubre, noviembre) con el fin de dar a conocer si el agua potable era apta o no para consumo humano, cumpliendo con los parámetros fisicoquímicos.

Con los datos obtenidos anteriormente de los promedios mensuales se procedió a graficar cada uno de los parámetros fisicoquímicos.

- **ALUMINIO**



GRÁFICO 3. Valores promedio mensuales para el parámetro aluminio, expresados en mg/L.

La OMS considera que las sales de aluminio son utilizadas en el tratamiento del agua como coagulantes para reducir parámetros como el color, la turbiedad, el contenido de materia orgánica y el nivel de microorganismos. Este uso incrementa la concentración de aluminio en el agua tratada; una concentración residual alta puede otorgarle al agua color y turbiedad no deseables. Los problemas que se derivan de las altas concentraciones de aluminio van a depender de diversos parámetros de calidad del agua y de factores relativos a la operación de la planta de tratamiento del agua. La contribución del agua de consumo humano a la exposición total por la vía oral al aluminio suele ser menor del 5% de la ingesta total. Para disminuir las concentraciones de aluminio residual en el agua tratada, se debe tener en cuenta el uso del pH óptimo en el proceso de coagulación, evitar la dosificación excesiva de aluminio, mezclar bien en el punto de aplicación del coagulante y optimizar la velocidad de las paletas de floculación y la filtración eficiente del floculo de aluminio (OMS, 2018).

Se puede observar en el gráfico 3, respecto al parámetro ALUMINIO, la tendencia de los promedios para los diferentes meses. Los resultados obtenidos mostraron valores por debajo del rango permitido según la Resolución MPS 2115 del 2007 que es de ≤ 0.2 mg/L. Los valores reflejados en el gráfico 2 están entre 0,01 mg/L - 0,01 mg/L - 0,008 mg/L para los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, con una desviación estándar de 0,095 mg/L, esto quiere decir que están por debajo del rango, dando aceptabilidad a lo permitido según la normativa colombiana.

- **COLOR APARENTE**

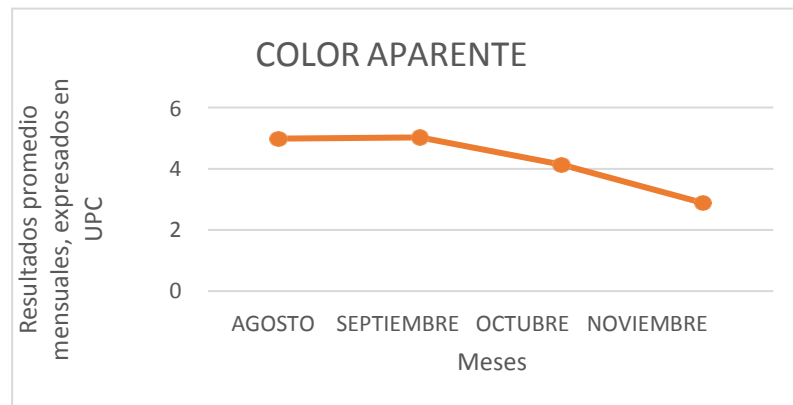


GRÁFICO 4. Valores promedio mensuales para el parámetro color aparente, expresados en UPC (Unidades De Platino-Cobalto).

Según un estudio realizado en Tunja-Boyacá, el color de una muestra de agua está relacionado con el grado de reducción de intensidad que la luz sufre al atravesarla, por la presencia de sólidos disueltos, como material coloidal orgánico e inorgánico. Entre los coloides orgánicos pueden mencionarse los ácidos húmicos y fúlvico, las cuales son sustancias naturales que resultan de la degradación parcial del compuesto presente en hojas, entre otros sustratos. Se denomina color aparente aquel que presenta el agua cruda en su condición natural, es decir, aquella que no ha sido filtrada (Moreira *et al.*, 2016). El color se determina con el fin de evaluar las características del agua, la fuente del color y la eficiencia del proceso usado para su remoción; cualquier grado de color es objetable por parte del consumidor y su remoción es, por lo tanto, objetivo esencial del tratamiento (Carmona & Giraldo, 2016).

Se observa en el gráfico 4 que hubo un poco de diferencia entre los resultados de los promedios mensuales, en cuanto al COLOR APARENTE en los diferentes meses seleccionados para el estudio, con una desviación estándar de 4,25 UPC. El color aparente fue menor en el mes de noviembre siendo este de 4,13 UPC a diferencia del mes de septiembre donde llegó a un color aparente de 5,02 UPC, allí alcanzó la mayor intensidad de color aparente. Los resultados obtenidos demostraron que el parámetro de COLOR APARENTE para los 4 meses están dentro de los límites establecidos por la Resolución MPS 2115 del 2007, siendo este valor de ≤ 15 UPC para agua potable.

- **FOSFATOS**

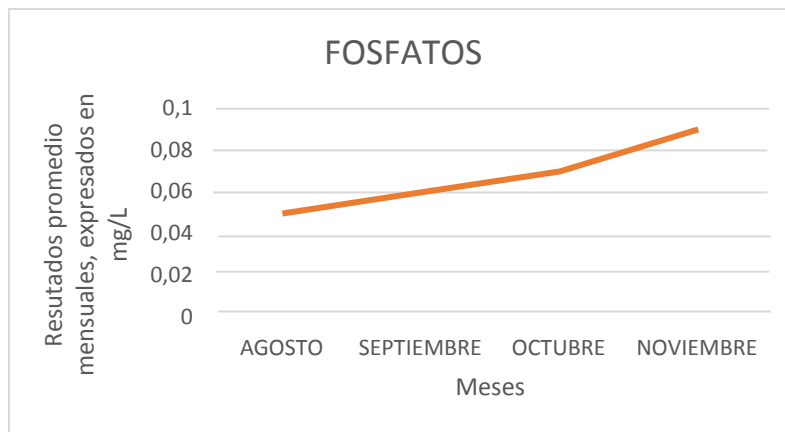


GRÁFICO 5. Valores promedio mensuales para el parámetro fosfatos, expresados en mg/L.

Para Chibinda *et al.* (2007), el fósforo es un elemento importante en el desarrollo de la vida acuática, ya que por un lado favorece el crecimiento de la misma y por otro lado ayuda a inhibir el desarrollo de especies no deseadas.

Para la empresa Ambientum, los fosfatos y compuestos de fósforo se encuentran en las aguas naturales en pequeñas concentraciones. El origen del fosforo proviene del lixiviado de los terrenos que atraviesa, o por contaminación orgánica. Las características organolépticas del agua de consumo se pueden ver afectada

por altos niveles de fosfatos, dificultando la floculación - coagulación en las plantas de tratamiento. Es uno de los factores a tener en cuenta cuando hay un desarrollo exuberante de algas en una conducción de agua (AMBIENTUM).

Los valores promedio mensuales de iones fosfato, fue de 0,05 mg/L – 0,06 mg/L – 0,07 mg/L – 0,09 mg/L para los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre respectivamente, presentó una desviación estándar de 0,07 mg/L (gráfico 5). De esta forma, con los resultados obtenidos se puede afirmar que el agua distribuida por la planta de tratamiento es de buena calidad, ya que lo establecido por la Resolución MPS 2115 del 2007 plantea un límite de $\leq 0,5$ mg/L del ion fosfato en agua potable. Una razón de que no se haya detectado FOSFATO en grandes concentraciones es porque no se presenta o que no hay descarga de aguas en el río Arauca que contienen como residuos detergentes comerciales que puedan generar residuos de este tipo.

- **FLUORUROS**

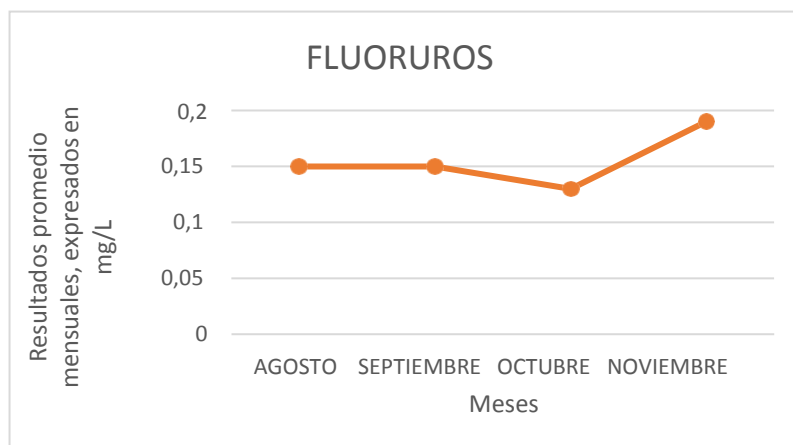


GRÁFICO 6. Valores promedio mensuales para el parámetro fluoruros, expresados en mg/L.

Los niveles de fluoruro en los lagos, ríos y canales dependen de la topografía de las áreas de captación de dichos cuerpos de agua. Debido a su naturaleza altamente reactiva, el fluoruro no se encuentra en su estado elemental en el medioambiente. La presencia de fluoruro en el agua se debe a la actividad humana, como las descargas industriales de las industrias de carbón y la fluoración del agua a nivel comunal. Varios factores responsables de la contaminación por fluoruro en el agua son la naturaleza de las rocas, las características químicas y físicas del agua, la consistencia del suelo, la fuga de agua poco profunda, la acción quelante de los elementos presentes y la profundidad de los pozos (Singh *et al.*, 2021) .

La determinación precisa de fluoruro ha aumentado en importancia con el crecimiento de la práctica de la fluoración de los suministros de agua comomedida de salud pública. El mantenimiento de una concentración óptima de fluoruro es esencial para mantener la eficacia y seguridad del procedimiento de fluoración (Rice *et al.*, 2012).

Se evidencia en el gráfico 6 que la concentración de FLUORUROS disminuyó para el mes de octubre, siendo el valor promedio mensual de 0,13 mg/L, respecto al mes de agosto el valor promedio mensual fue de 0,15 mg/L, para el mes de septiembre el valor promedio mensual fue de 0,15 mg/L y para el mes de noviembre fue de 0,19 mg/L, siendo este el valor más alto, presentó una desviación estándar de 0,15 mg/L, con esto se demuestra que ningún mes seleccionado para este estudio excedió los límites permitidos por la Resolución MPS 2115 del 2007, siendo este valor de ≤ 1 mg/L. De esta manera se da cumplimiento respecto al parámetro de fluoruros para agua potable.

- **HIERRO TOTAL**

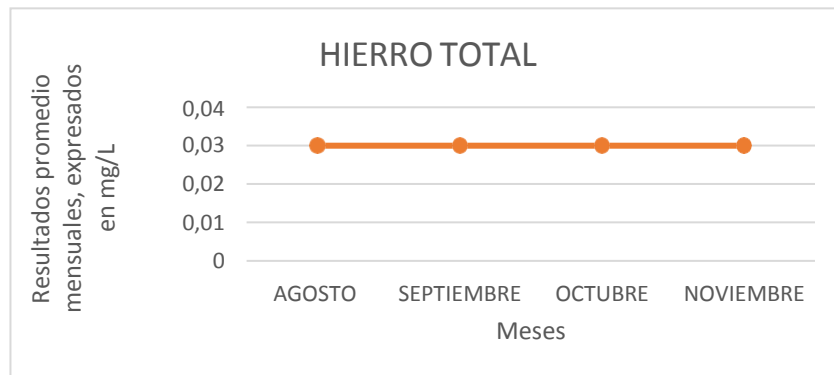


GRÁFICO 7. Valores promedio mensuales para el parámetro hierro total, expresados en mg/L.

En un estudio titulado “FORMACIÓN DE PARTÍCULAS DE HIERRO BAJO DESINFECCIÓN CON CLORO CONSIDERANDO LOS EFECTOS DE LOS DESOXIDANTES EN EL AGUA POTABLE”, describen la utilización de las tuberías de hierro en los sistemas de distribución de agua potable (DWDS). Sin embargo, la corrosión interna del hierro y la formación de incrustaciones ocurren inevitablemente en los DWDS, lo que puede tener varios efectos adversos en la calidad del agua, incluido el deterioro de la calidad del agua, reducción de la capacidad hidráulica, proliferación microbiana y destrucción de material de tubería (Zhuang *et al.*, 2021).

Por otro lado, Valencia en su monografía titulada “QUÍMICA DEL HIERRO Y MANGANESO EN EL AGUA, MÉTODOS DE REMOCIÓN”, informa que los efectos del hierro inciden no solamente en la operación y el mantenimiento de las

sistemas de abastecimiento, sino también en el aspecto del agua; los óxidos de hierro y manganeso, arrastrados y agitados por el flujo en las tuberías, originan un color carmelita oscuro o negro, también imparten un sabor metálico al agua, provocando así su rechazo por parte del consumidor (Valencia, 2006).

En el gráfico 7 se expresan los valores en mg/L determinados para el HIERRO TOTAL, no se presentó diferencia entre los valores promedios mensuales para los meses involucrados en este estudio (0,03 mg/L), con una desviación estándar de 0,03 mg/L. El 100% de los valores de los diferentes meses se encuentran dentro del valor máximo aceptable por la Resolución MPS 2115 del 2007, que establece un valor de $\leq 0,3$ mg/L.

- **MANGANESO**

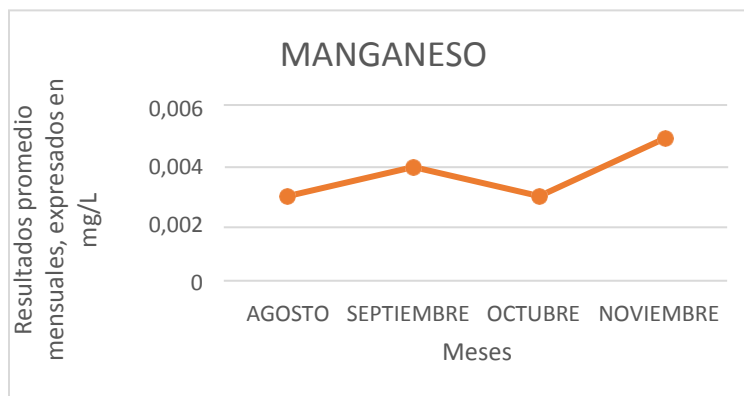


GRÁFICO 8. Valores promedio mensuales para el parámetro manganeso, expresados en mg/L.

En cuanto al Manganeso, Valencia (2006), afirma que en las plantas de tratamiento de agua, favorece el crecimiento de bacterias específicas que perturban el buen funcionamiento de los filtros de arena, pudiendo llegar a formar depósitos en las canalizaciones y en los sistemas de distribución, debido a que en la ausencia de oxígeno estas bacterias provocan la reducción de sulfatos en sulfuros los mismos que al combinarse con el manganeso y el hierro forman compuestos olorosos en los extremos muertos de las tuberías lo que contribuye a problemas de sabor y al aumento de la demanda de cloro u otros oxidantes aplicados en la desinfección. Por esta razón es indispensable eliminar el hierro y manganeso del agua antes de su entrada a la red de distribución, ya que de esta manera se priva a los organismos del alimento necesario para su proliferación.

En cuanto al MANGANESO, en el gráfico 8 se encontró una relación entre los meses de agosto y octubre, siendo el resultado promedio mensual de 0,003 mg/L, respecto al mes de septiembre el resultado promedio mensual aumento una milésima, correspondiendo a 0,004 mg/L para ese mes y para el mes de noviembre aumentó una milésima más con un resultado promedio mensual de 0,005 mg/L.

Cabe resaltar que estos valores se encuentran dentro del rango permitido por la Resolución MPS 2115 del 2007, donde este valor debe estar dentro de $\leq 0,1$ mg/L, siendo así este parámetro es aceptable para el agua potable. Este parámetro expone una desviación estándar de 0,003 mg/L.

- **NITRATOS**

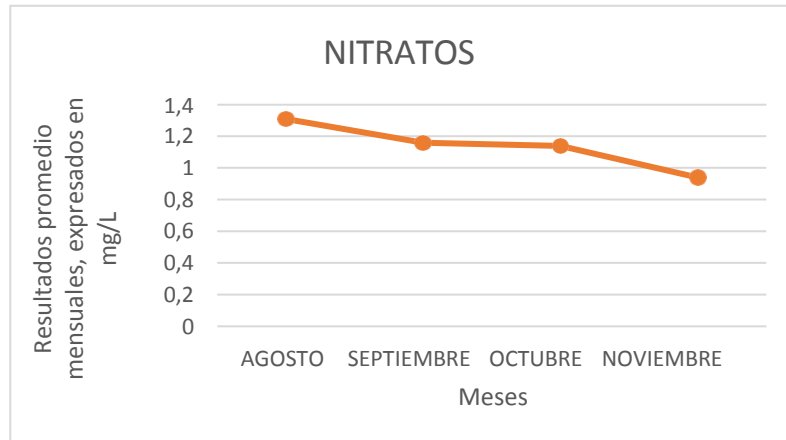


GRÁFICO 9. Valores promedio mensuales para el parámetro nitratos, expresados en mg/L.

La concentración de nitrato en aguas subterráneas y superficiales para la OMS suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares (OMS, 2018). Las concentraciones de nitratos en el agua superficial pueden cambiar rápidamente por la escorrentía superficial de fertilizantes, la absorción de fitoplancton y la desnitrificación por bacterias, pero las concentraciones en el agua subterránea generalmente muestran cambios relativamente lentos (OMS, 2006).

De acuerdo con en el gráfico 9, se evidencia un descenso de los valores de los resultados promedios para los diferentes meses correspondientes al estudio. En esta medida el valor más alto corresponde al mes de agosto (1,31 mg/L) seguido del mes de septiembre (1,16 mg/L), del mes de octubre (1,14 mg/L) y por último noviembre (0,94 mg/L) con desviación estándar de 1,13 mg/L. Es así como este parámetro está dentro de los rangos de aceptabilidad de la Resolución MPS 2115 del 2007, donde el valor se encuentra en ≤ 10 mg/L.

- **NITRITOS**

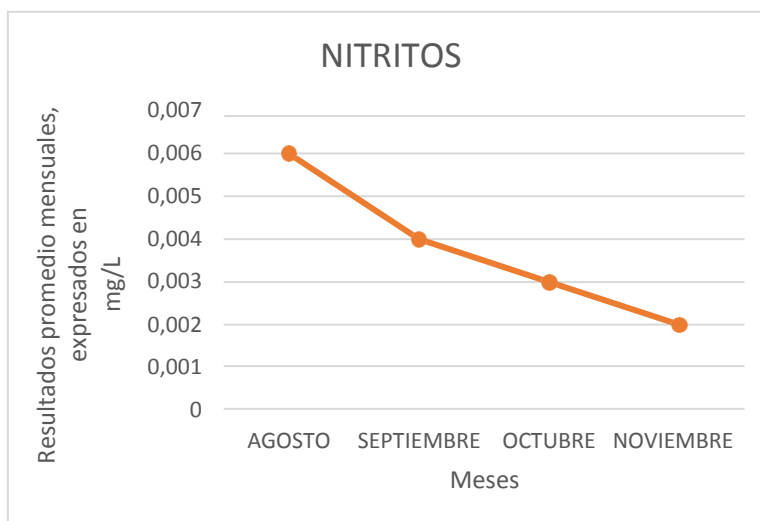


GRÁFICO 10. Valores promedio mensuales para el parámetro nitratos, expresados en mg/L.

La determinación del ion nitrato en el agua es importante para evaluar el grado de contaminación. La eficiencia de un proceso de purificación de agua se puede juzgar por la cantidad de iones nitratos en el agua. Cabe destacar que su presencia indica que las aguas han estado en contacto con materias nitrogenadas en putrefacción. Por consiguiente toda agua que contenga nitratos es sospechosa (Quispe & Sánchez, 2008).

Las concentraciones de NITRITOS se encontraron dentro de los límites establecidos por la Resolución MPS 2115 del 2007, donde fijan como límite un valor de $\leq 0,1$ mg/L, presentó un valor promedio mensual de 0,006 mg/L – 0,004 mg/L – 0,003 mg/L – 0,002 mg/L correspondientes a los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, este parámetro presentó una desviación estándar de 0,003 mg/L. En relación con estos resultados obtenidos se evidencia que el parámetro de NITRITOS es aceptable para el agua potable.

- **SULFATOS**

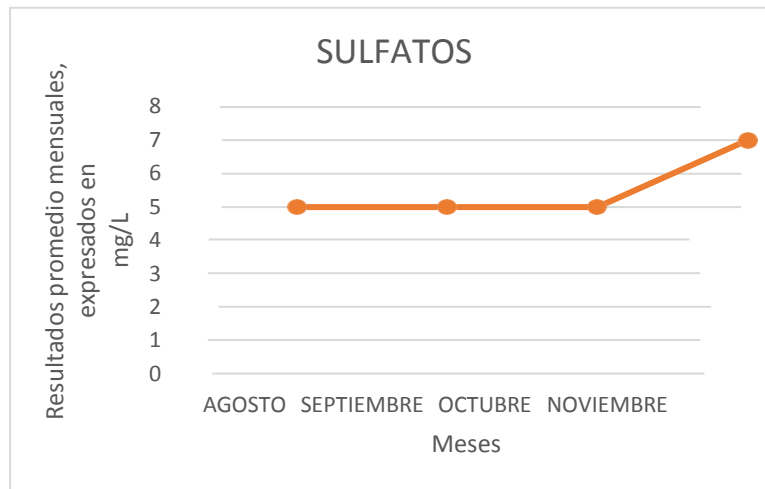


GRÁFICO 11. Valores promedio mensuales para el parámetro sulfatos, expresados en mg/L.

Si esta sal se encuentra en cantidades muy elevadas le confiere al agua sabor desagradable.

Los sulfatos están presentes de forma natural en muchos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en la industria química. Se vierten al agua procedente de efluentes industriales y mediante deposición atmosférica; no obstante, las concentraciones más altas suelen encontrarse en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales. De igual manera, la OMS (2018), conduce a la ingesta diaria promedio de sulfato procedente del agua de consumo humano, el aire y los alimentos es de aproximadamente 500 mg, siendo los alimentos la principal fuente. Sin embargo, en regiones donde los sistemas de abastecimiento de agua de consumo humano tienen concentraciones altas de sulfato, el agua de consumo humano puede ser la principal fuente de ingesta.

El gráfico 11, indica las concentraciones de SULFATOS presentes en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, seleccionados para este estudio. En el gráfico se observa que no hubo diferencia en los meses de agosto, septiembre y octubre, con un valor promedio mensual de 5 mg/L y para el mes de noviembre el valor promedio mensual fue de 7 mg/L, se presentó una desviación estándar de 5.5 mg/L. Lo que hace referencia que los niveles de SULFATOS en el agua distribuida por la planta de tratamiento de EMSERPA se encuentra dentro de los rangos permitidos por la Resolución MPS 2115 del 2007, siendo este rango de ≤ 250 mg/L.

- **CLORUROS**

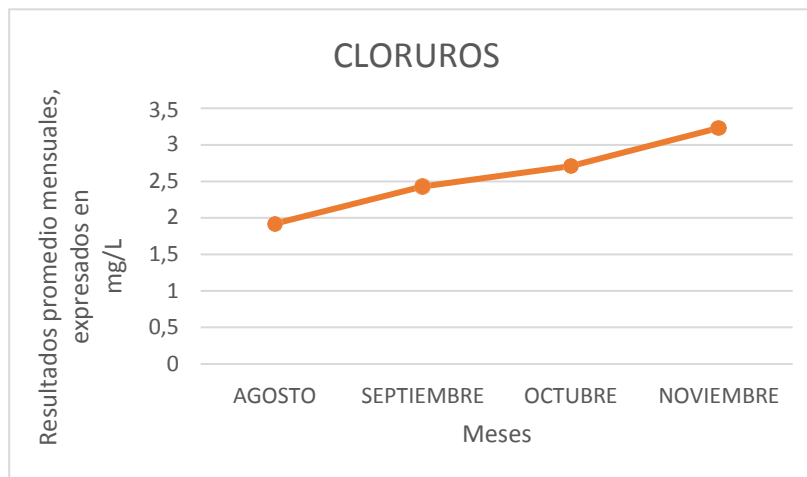


GRÁFICO 12. Valores promedio mensuales para el parámetro cloruros, expresados en mg/L

La OMS (2018), asegura que el cloruro en el agua de consumo humano procede de fuentes naturales, aguas residuales, vertidos industriales, escorrentía urbana con sal de deshielo e intrusiones salinas. Las concentraciones excesivas de cloruro aumentan la tasa de corrosión de los metales en los sistemas de distribución, aunque variará en función de la alcalinidad del agua. No se propone ningún valor de referencia basado la salud para el cloruro en el agua de consumo humano. No obstante, las concentraciones de cloruro que excedan de unos 250 mg/L pueden conferir al agua un sabor perceptible.

Las altas concentraciones de cloruro confieren un sabor salado al agua y a las bebidas.

De otro lado para el parámetro de CLORUROS, se observa en el gráfico 12, un aumento escalonado de los resultados promedios mensuales, correspondiendo para el mes de agosto un valor promedio de 1,92 mg/L, septiembre un valor promedio de 2,43 mg/L, octubre un valor promedio de 2,71 mg/L y noviembre un valor promedio de 3,23 mg/L, con una desviación estándar de 2,5 mg/L. De igual manera este parámetro se encuentra dentro de los rangos permitidos por la Resolución MPS 2115 del 2007, donde indica que el valor debe estar en ≤ 250 mg/L.

- **ALCALINIDAD TOTAL**

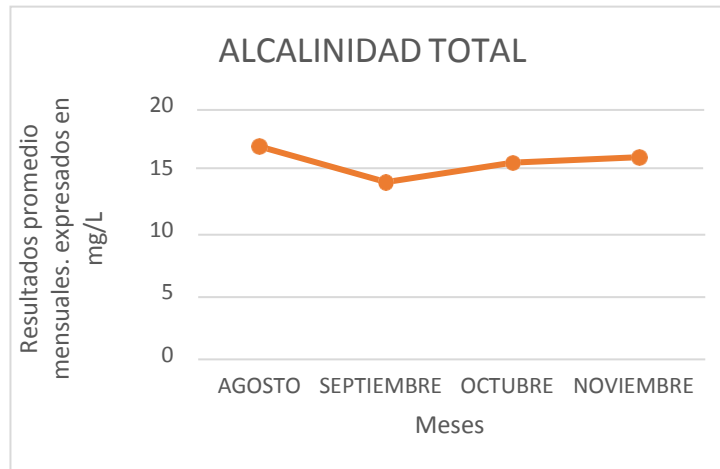


GRÁFICO 13. Valores promedio mensuales para el parámetro alcalinidad total, expresados en mg/L.

Para Pérez (2016), la alcalinidad total es otro parámetro importante de controlar, ya que ayuda a verificar si el agua presenta la concentración adecuada de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos que hacen que no disminuya el pH en presencia de ácidos. Es decir, se debe verificar y controlar que el agua no sea propensa a acidificarse, ya que de lo contrario dejaría de ser potable. Además, cuando las aguas tienen alcalinidades inferiores son propensas a la contaminación, porque no tienen la capacidad para oponerse a las modificaciones que generen disminuciones del pH.

La concentración de ALCALINIDAD TOTAL arrojada en los resultados promedios mensuales se observan en el gráfico 13, donde se evidencia un aumento en el mes de agosto (16,71 mg/L), luego una disminución en el mes de septiembre (13,92 mg/L) aumentando en el mes de octubre (15,43 mg/L) y aumento otro poco en el mes de noviembre (15,77 mg/L), pero estas diferencias no son significativas, con una desviación estándar de 15,45 mg/L. De esta manera da cumplimiento a lo dictado por la Resolución MPS 2115 del 2007, donde el valor de aceptabilidad se encuentra dentro del rango de ≤ 200 mg/L.

- **DUREZA CÁLCICA**

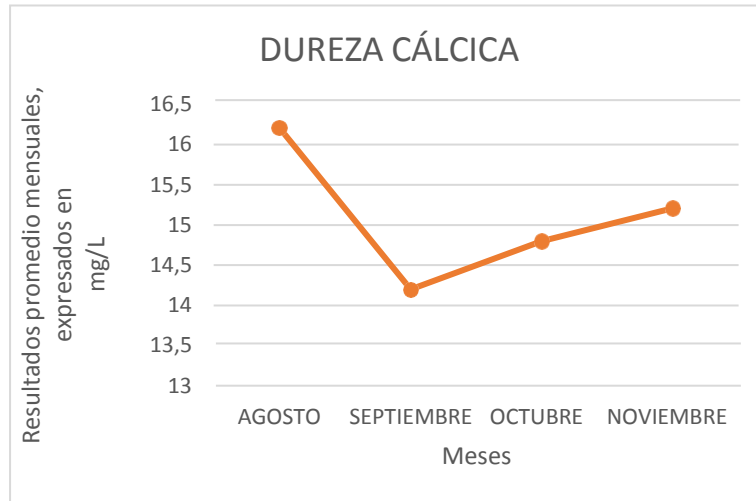


GRÁFICO 14. Valores promedio mensuales para el Parámetro dureza cálcica, expresados en mg/L.

El agua puede contener bicarbonato de calcio y de magnesio, hierro o magnesio. Se caracteriza porque su ablandamiento se logra con la ebullición, que consiste en que el bicarbonato se precipita desprendiendo dióxido de carbono y disminuyendo el valor del pH por las formaciones de ácido carbónico (Soto, 2010).

De acuerdo con el contenido de DUREZA CÁLCICA encontrado en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, respecto a los resultados promedios mensuales de los diferentes puntos de muestreo, el agua se encuentra apta para consumo humano. Para el mes de agosto el valor promedio mensual fue de 16,21 mg/L, para septiembre el valor promedio mensual fue de 14,2 mg/L, para octubre el valor promedio mensual fue de 14,8 mg/L y para noviembre fue de 15,21 mg/L, con una desviación estándar de 15,11 mg/L. De esta manera los rangos se encuentran dentro de lo propuesto en la Resolución MPS 2115 del 2007, donde el rango de aceptabilidad se encuentra dentro de ≤ 150 mg/L.

- **DUREZA TOTAL**

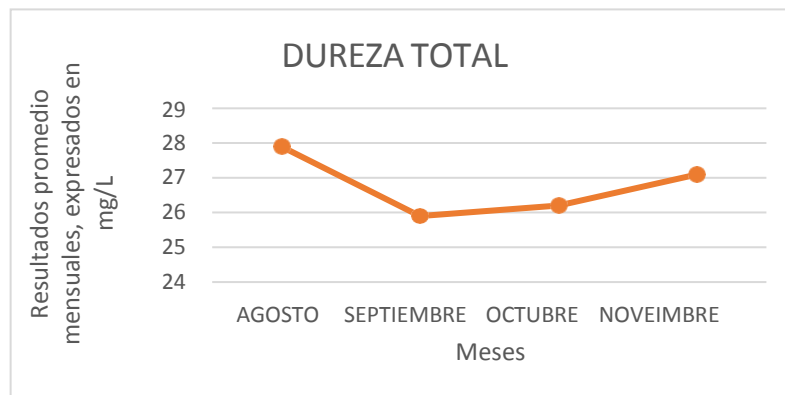


GRÁFICO 15. Valores promedio mensuales para el parámetro dureza total, expresados en mg/L.

La dureza total se define como la suma de las concentraciones de Ca^{2+} y Mg^{2+} expresadas como mg/L de CaCO_3 . Por tanto, la monitorización y determinación rápida de algunos parámetros relevantes de la calidad del agua como la dureza total es muy importante en campos industriales y medio ambientales como el control de la calidad del agua en plantas de agua potable, ya que el agua dura puede aumentar el consumo de jabón y la deposición de incrustaciones en el sistema de distribución del agua y en las aplicaciones de agua caliente con un pH y alcalinidad adecuados. Por otro lado, el agua blanda que no ha sido estabilizada puede corroer las tuberías y superficies metálicas. Esto puede resultar en la liberación de metales pesados como cobre, cadmio, zinc y plomo al agua potable y reducir la vida útil del sistema de distribución y los aparatos (Shariati & Heidari, 2020).

En relación a la DUREZA TOTAL, el gráfico 15 evidencia valores de concentración muy cercanos para este parámetro, de este modo, para el mes de agosto el valor del resultado promedio mensual fue más alto que para los otros meses, siendo este de 27,9 mg/L, seguido del mes de noviembre con un valor del resultado promedio mensual de 27,1 mg/L, seguido por el mes de octubre con un valor del resultado promedio mensual de 26,2 mg/L y septiembre con un valor del resultado promedio mensual de 25,9 mg/L, con desviación estándar de 26,77 mg/L, sin embargo esto no afecta la calidad del agua, ya que para la Resolución MPS 2115 del 2007, los valores permitidos para este parámetro se encuentran dentro del rango de ≤ 300 mg/L.

- **MAGNESIO**

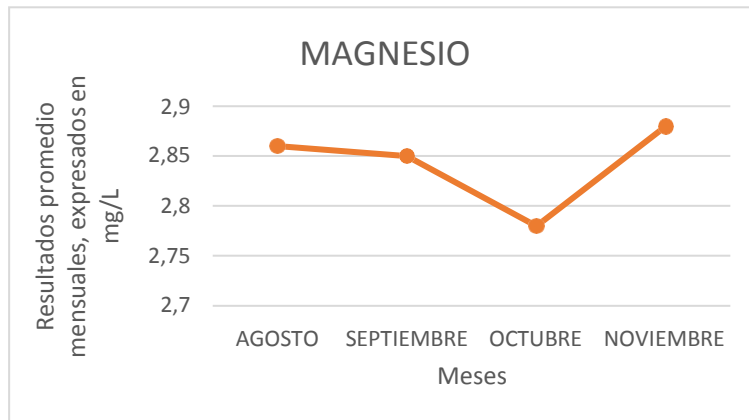


GRÁFICO 16. Valores promedio mensuales para el parámetro magnesio, expresados en mg/L.

Los iones magnesio disueltos en el agua, forman depósitos en tuberías y calderas cuando el agua es dura, (es decir, cuando contiene demasiado magnesio) (Teutli, 2007).

Teniendo en cuenta el gráfico 16, para el parámetro de MAGNESIO, los resultados de los promedios mensuales se encuentran dentro los rangos permitidos por la Resolución MPS 2115 del 2007, donde el valor se debe encontrar dentro del rango ≤ 36 mg/L, siendo este aceptable para el agua potable distribuida por la planta de tratamiento. Los valores estuvieron muy cercanos, para el mes de agosto, septiembre, octubre y noviembre, siendo el valor del resultado promedio mensual 2,86 mg/L – 2,85 mg/L – 2,78 – 2,88 mg/L, respectivamente para cada mes, presentando una desviación estándar de 2,84 mg/L.

- **COLORO RESIDUAL LIBRE**

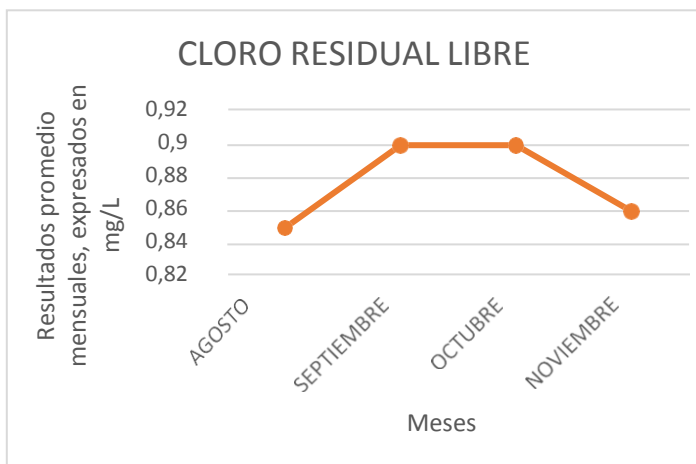


GRÁFICO 17. Valores promedio mensuales para el parámetro cloro residual libre, expresados en mg/L.

Según la OMS (2006), la finalidad principal de la cloración es la desinfección microbiana. No obstante, el cloro actúa también como oxidante y puede eliminar o ayudar a eliminar algunas sustancias químicas; por ejemplo, puede descomponer los plaguicidas fácilmente oxidables, como el aldicarb; puede oxidar especies disueltas, como el manganeso (II), y formar productos insolubles que pueden eliminarse mediante una filtración posterior; y puede oxidar especies disueltas a formas más fáciles de eliminar (por ejemplo, el arsenito a arseniato).

Sin embargo, para Petro *et al.* (2014), consideran que el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen. Si se añade suficiente cloro, quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los organismos; se le llama cloro libre. El cloro libre permanece en el agua hasta perderse en el mundo exterior o hasta usarse para contrarrestar una nueva contaminación.

En el gráfico 17, los valores promedio mensuales para el parámetro de CLORO RESIDUAL LIBRE, fue aumentando en céntimas a medida del paso de los meses, pero disminuyó en el mes de noviembre, se debe aclarar que esto no significa una variación, ya que prácticamente no hay diferencia entre los valores promedios mensuales. Para el mes de agosto el valor del resultado promedio mensual es de 0,85 mg/L, para el mes de septiembre el valor del resultado promedio mensual es de 0,90 mg/L, para el mes de octubre el valor del resultado promedio mensual es de 0,90 mg/L y para el mes de noviembre fue de 0,86 mg/L, con desviación estándar de 0,87 mg/L. Según estos resultados el parámetro de CLORO RESIDUAL LIBRE es aceptable con lo dicho en la Resolución MPS 2115 del 2007, donde el valor permitido es 0,3 – 2 mg/L.

- pH

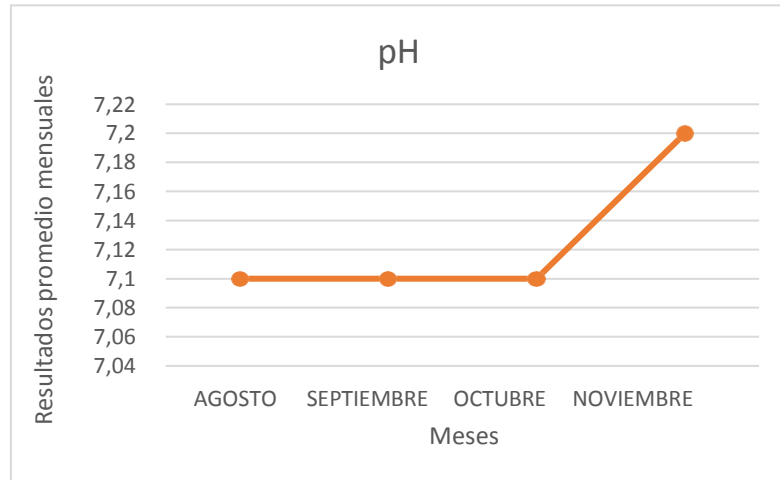


GRÁFICO 18. Valores promedio mensuales para el parámetro pH.

La determinación del potencial de hidrógeno (pH) en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad (Petro & wees, 2014). La OMS (2006), afirma, que, aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua. Se debe prestar mucha atención al control del pH en todas las fases del tratamiento del agua para garantizar que su clarificación y desinfección sean satisfactorias. Para que la desinfección con cloro sea eficaz, es preferible que el pH sea menor que 8; no obstante, el agua con un pH más bajo será probablemente corrosiva.

En lo que respecta a los valores de los resultados promedios mensuales para el parámetro de pH, se puede observar en el gráfico 18, que no hubo gran diferencia entre estos valores. Para el mes de agosto, septiembre y octubre el valor del resultado promedio fue de 7,1 y para noviembre el valor del resultado promedio fue de 7,2, mostrando una diferencia entre décimas, con desviación estándar de 7,1. De acuerdo con la Resolución MPS 2115 del 2007, los rango para pH se deben encontrar entre 6,5 – 9,0, esto quiere decir que los resultados graficados se encuentran dentro de lo permitido, dando aceptabilidad para este parámetro.

- **CONDUCTIVIDAD**

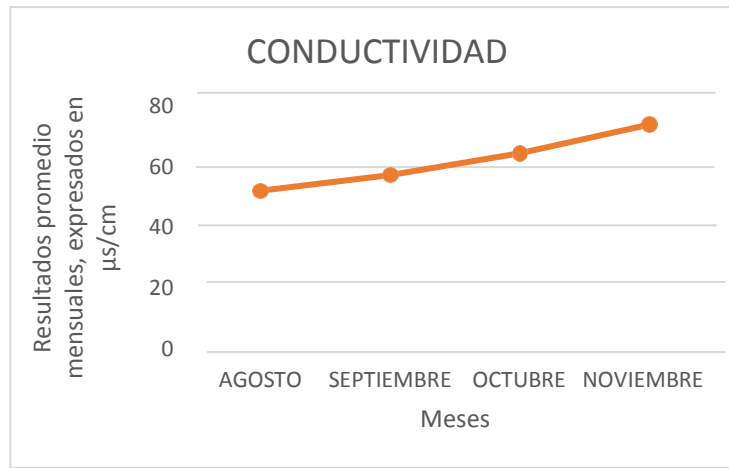


GRÁFICO 19. Valores promedio mensuales para el parámetro conductividad, expresados en $\mu\text{s/cm}$.

Continuando con el trabajo citado por Petro y Wees (2014), la conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. El agua pura prácticamente no conduce electricidad; por lo tanto, la conductividad que se puede medir será consecuencia de las impurezas presentes en el agua. El instrumento para medir la conductividad se llama conductímetro, básicamente lo que hace es medir la resistencia al paso de la corriente entre dos electrodos que se introducen en el agua, y se compara para su calibrado con una solución tampón de ClK a la misma temperatura y 20 °C. El agua pura es un mal conductor de la electricidad pero cuando tiene sales disueltas puede conducirla en forma proporcional a la cantidad de sales presentes. Este concepto se usa para la medición de la salinidad en términos de conductividad eléctrica la cual se expresa en Siemens/metro ($\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$). La medida de la conductividad es una buena forma de control de calidad de un agua, siempre que: 1. No se trate de contaminación orgánica por sustancias no ionizables. 2. Las mediciones se realizan a la misma temperatura. La composición del agua se mantenga relativamente constante.

Los resultados promedio mensuales de CONDUCTIVIDAD se encontraron dentro de los límites establecidos por la Resolución MPS 2115 del 2007, donde fijan como límite un valor de $\leq 1000 \mu\text{s/cm}$, observándose en el gráfico 19 un valor promedio mensual de $52,24 \mu\text{s/cm}$ – $57,37 \mu\text{s/cm}$ – $64,54 \mu\text{s/cm}$, $73,93 \mu\text{s/cm}$ correspondientes a los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, presentando una desviación estándar de $72,02 \mu\text{s/cm}$. En relación con estos resultados obtenidos se evidencia que el parámetro de CONDUCTIVIDAD es aceptable para el agua potable tratada en la planta de tratamiento.

- **TEMPERATURA**

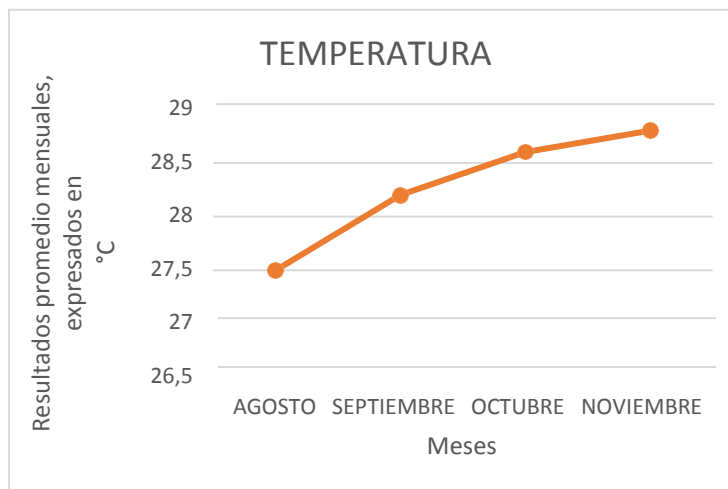


GRÁFICO 20. Valores promedio mensuales para el parámetro temperatura, expresados en °C.

El agua fría por lo general, tiene un sabor más agradable que el agua tibia, y la temperatura repercutirá en la aceptabilidad de algunos otros componentes inorgánicos y contaminantes químicos que pueden afectar el sabor. La temperatura alta del agua potencia la proliferación de microorganismos y puede incrementar los problemas de sabor, olor, color y corrosión. La temperatura del agua es un elemento importante de las estrategias de control. Siempre que sea posible, la temperatura del agua debe mantenerse fuera del intervalo de 25-50 °C y preferiblemente entre 20-50 °C para prevenir la proliferación del organismo. Cuando la temperatura de los sistemas de distribución de agua fría o caliente no pueda mantenerse fuera del intervalo de 25-50 °C será necesario prestar mayor atención a la desinfección y a las estrategias destinadas a limitar la formación de biopelículas (OMS, 2018).

En cuanto al parámetro de TEMPERATURA, se observa en el gráfico 20, que no hubo diferencia significativa en cuanto a los valores de los resultados promedios mensuales. Para el mes de agosto este valor fue de 27,5 °C, para el mes de septiembre este valor fue de 28,2 °C, para el mes de octubre el valor fue de 28,6 °C y por último para el mes de noviembre el valor fue de 28,8 °C, con una desviación estándar de 28,3 °C. Este parámetro aún no ha sido incluido dentro de una normativa que regule los valores o rangos permitidos.

- **TURBIEDAD**

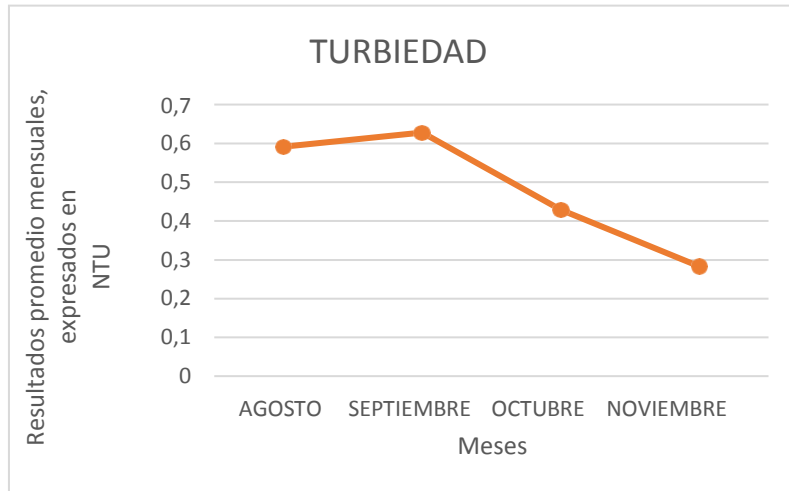


GRÁFICO 21. Valores promedio mensuales para el parámetro turbiedad, expresados en NTU.

En el estudio “*Potabilización para las aguas de abastecimiento del acueducto de la vereda potreros en el municipio de Santa Rosa de cabal, Risaralda*”, realizado por Carmona y Giraldo (2016), la determinación de turbidez es de gran importancia en aguas para consumo humano ya que sirven para determinar el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua.

Por otro lado, para Petro y Wees (2014), la turbiedad ha sido una característica ampliamente aplicada como criterio de calidad de agua, tanto en las fuentes de abastecimiento como en los procesos de potabilización y sistemas de distribución, ya que es una medición rápida, económica y de fácil interpretación para los operadores.

El gráfico 21 muestra un aumento en el valor promedio mensual para el mes de septiembre (0,628 NTU), disminuyendo en el mes de agosto (0.592 NTU), seguido del mes de octubre (0,429 NTU) y por último disminuyo otro poco para el mes de noviembre (0,283 NTU) para el parámetro de TURBIEDAD, con una desviación estándar de 0,483 NTU. Sin embargo, esto no afecta la calidad del agua potable distribuida por la planta de tratamiento, ya que para la Resolución MPS 2115 del 2007, los valores permitidos para este parámetro se encuentra dentro del rango de ≤ 2.0 NTU. Dando aceptabilidad a este parámetro evaluado.

12.3 RESULTADOS %IRCA

Con el fin de obtener el resultado del %IRCA, se deben tener en cuenta los resultados obtenidos mensuales de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua potable presentes en este estudio (Tabla 6). Para ello se aplicó la respectiva ecuación para hallar el valor del %IRCA por muestra y el %IRCA mensual.

TABLA 6. Resultados promedio mensuales del %IRCA

CARÁCTERÍSTICAS	PORCENTAJE DE RIESGO RESOLUCIÓN MPS 2115/2007	RESULTADOS PROMEDIOS DEL %IRCA DE LOS DIFERENTES MESES			
		AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
ALUMINIO	3	0	0	0	0
FOSFATOS	1	0	0	0	0
FLUORUROS	1	0	0	0	0
HIERRO	1.5	0	0	0	0
MAGNESIO	1	0	0	0	0
NITRATOS	1	0	0	0	0
NITRITOS	3	0	0	0	0
SULFATOS	1	0	0	0	0
ALCALINIDAD TOTAL	1	0	0	0	0
DUREZA TOTAL	1	0	0	0	0
CLORUROS	1	0	0	0	0
MANGANESO	1	0	0	0	0
COLORO RESIDUAL LIBRE	15	0	0	0	0
pH	1.5	0	0	0	0
TURBIEDAD	15	0	0	0	0
COLIFORMES TOTALES	15	0	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	25	0	0	0	0
NIVEL DE RIESGO		SIN RIESGO			

Fuente. Autora

En el Decreto MPS 1575 del 2007, establece en el artículo 12 el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano, IRCA. Es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano.

Los indicadores planteados en esta metodología están basados en criterios estándares que se relacionan con las medidas ideales de calidad del agua que han sido determinadas para el consumo seguro de los seres humanos; es decir, es una sustracción de lo planteado en la metodología de Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo - IRCA. Los resultados de esta investigación se convierten en una herramienta para evaluar la calidad de agua distribuida por el operador del servicio y, a su vez, conocer de manera puntual y específica el cumplimiento de todos los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos establecidos por la Resolución MPS 2115 de 2007, en cada reporte realizado por la autoridad sanitaria.

De acuerdo con los resultados representados en la tabla 6, se evidencia que todas las características microbiológicas, físicas y químicas se encuentran dentro de los límites permitidos por la Resolución MPS 2115 del 2007, dando cumplimiento y otorgando total aceptabilidad sin ningún tipo de riesgo para la salud, pero sin bajar la guardia de su vigilancia, es por esto que la planta de tratamiento del municipio de Arauca de la empresa EMSERPA E.S.P. asegura que a sus consumidores les llega hasta sus casas agua potable de excelente calidad.

En la tabla 7 se observa el nivel de clasificación de riesgo sanitario que puede presentar el agua potable y emitir un resultado apto o no apto para consumo humano.

Tabla 7. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 -100	INVIABLE SANITARIA MENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 – 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente. Resolución 2115 del 2007

13. CONCLUSIONES

De acuerdo a los valores de los resultados promedios mensuales mostrados correspondientes a los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y con respecto a la Resolución MPS 2115 del 2007, se obtuvieron las siguientes conclusiones, sobre la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua del municipio de Arauca – Arauca.

- Las muestras de agua potable en los puntos escogidos del municipio para la determinación de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos evidenciaron que existe alta calidad con respecto a los parámetros analizados, cumpliendo con los valores mínimos que exige la Resolución MPS 2115 del 2007.
- De acuerdo con los análisis microbiológicos realizados a las diferentes muestras de agua potable, se obtuvo como resultado la aceptabilidad en su totalidad por parte de este parámetro, ya que no hubo presencia de microorganismos como coliformes totales y coliformes fecales, aunque hubo presencia de microorganismos mesófilos, esto no quiere decir una mala calidad del agua potable, ya que los resultados obtenidos para este análisis fue bajo, con respecto a esto se da cumplimiento con lo requerido en la Resolución MPS 2115 del 2007.
- En conformidad con los análisis fisicoquímicos realizados a las muestras de agua potable, se obtuvo como resultado la aceptabilidad en su totalidad por parte de este análisis, cumpliendo con lo requerido en la norma colombiana.
- Se confirma el cumplimiento del índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano-IRCA del agua tratada y distribuida de la empresa EMSERPA E.S.P. presentando una clasificación IRCA SIN RIESGO, la cual dictamina que el agua es apta para consumo humano, pero sin bajar los niveles de vigilancia.

14. BIBLIOGRAFIA

- ALBA, J., ORTEGA, J., ALVAREZ, G., CERVANTES, M., RUIZ, E., URTIZ, N., & MARTINEZ, A. (2013). RIESGOS MICROBIOLÓGICOS EN AGUA DE BEBIDA: UNA REVISIÓN CLÍNICA. *REDALYC*. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.REDALYC.ORG/PDF/863/86329278004.PDF](https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278004.pdf)
- AMBIENTUM. EL PORTAR PROFESIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. (S.F.). DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS DE FÓSFORO. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.AMBIENTUM.COM/ENCICLOPEDIA_MEDIOAMBIENTAL/AGUAS/DETERMINACION_COMPUESTOS_DE_FOSFORO.ASP](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/determinacion_compuestos_de_fosforo.asp)
- AVILA, N., FARIAS, S., BIANCO, G., & BOVI, M. (2008). DETERMINACIÓN DE FLUORURO EN AGUAS DE RINCONADILLAS (PROVINCIA DE JUJUY). *UNIDAD DE ACTIVIDAD QUÍMICA, CENTRO ATÓMICO CONSTITUYENTES, COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA*. OBTENIDO DE [HTTPS://WEB.ARCHIVE.ORG/WEB/20200319055112ID_/HTTP://WWW.S CIELO.ORG.AR/PDF/ATA/V16N1/V16N1A04.PDF](https://web.archive.org/web/20200319055112id_/http://www.scielosp.org/ar/pdf/ata/v16n1/v16n1a04.pdf)
- BWIRE, G., SACK, D., KAGIRITA, A., OBALA, T., DEBES, A., RAM, M., . . . GARIMOI, C. (2020). *THE QUALITY OF DRINKING AND DOMESTIC WATER FROM THE SURFACE WATER SOURCES (LAKES, RIVERS, IRRIGATION CANALS AND PONDS) AND SPRINGS IN CHOLERA PRONE COMMUNITIES OF UGANDA: AN ANALYSIS OF VITAL PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS*. SPRINGER LINK. OBTENIDO DE [HTTPS://LINK-SPRINGER-COM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/ARTICLE/10.1186/S12889-020-09186-3](https://link.springer.com/unipamplona.basesdedatosezproxy.com/article/10.1186/s12889-020-09186-3)
- CARMONA, J., & GIRALDO, M. (2016). *ESTUDIO DE POTABILIZACIÓN PARA LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA POTREROS EN EL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL, RISARALDA*. PEREIRA-COLOMBIA: ESCUELA DE QUÍMICA, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. OBTENIDO DE [HTTPS://CORE.AC.UK/DOWNLOAD/PDF/71399717.PDF](https://core.ac.uk/download/pdf/71399717.pdf)
- CASTILLO, A., & OSORIO, L. (2017-2018). *INFORME TÉCNICO DE LA VIGILANCIA POR EL LABORATORIO DE CRYPTOSPORIDIUM SPP. Y GIARDIA SP. EN AGUAS 2017 Y 2018*. INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. DIRECCIÓN DE REDES EN SALUD PÚBLICA GRUPO DE PARASITOLOGÍA, LABORATORIO NACIONAL DE REFERENCIA. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.INS.GOV.CO/BUSCADOR-](https://www.ins.gov.co/buscador-)

EVENTOS/INFORMACION%20DE%20LABORATORIO/INFORME_VIGILANCIA_LABORATORIO_CRYPTOGIARDIA_2017-2018.PDF

- CHALCHISA, D., MEGERSA, M., & BEYENE, A. (2017). ASSESSMENT OF THE QUALITY OF DRINKING WATER IN STORAGE TANKS AND ITS IMPLICATION ON THE SAFETY OF URBAN WATER SUPPLY IN DEVELOPING COUNTRIES. *SPRINGER LINK*. OBTENIDO DE [HTTPS://LINK-SPRINGER-COM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/ARTICLE/10.1186/S40068-017-0089-2](https://link.springer.com/unipamplona/basesdedatosezproxy.com/article/10.1186/S40068-017-0089-2)
- CHIBINDA, C., ARADA, M., & PÉREZ, N. (2017). CARACTERIZACIÓN POR MÉTODOS FÍSICO-QUÍMICOS Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO CUANTITATIVO DE LAS AGUAS DEL POZO LA CALERA. *REVISTA CUBANA DE QUÍMICA*. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.REDALYC.ORG/PDF/4435/443551310010.PDF](https://www.redalyc.org/pdf/4435/443551310010.pdf)
- CORDERO, M., & ULLAURI, P. (2011). *"FILTROS CASEROS, UTILIZANDO FERROCEMENTO, DISEÑO PARA SERVICIO A 10 FAMILIAS, CONSTANTE DE 3 UNIDADES DE FILTROS GRUESOS ASCENDENTES (FGAS), 2 FILTROS LENTOS DE ARENA (FLA), SISTEMA PARA APLICACIÓN DE CLORO Y 1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO."*. UNIVERSIDAD DE CUENCA, CUENCA - ECUADOR. OBTENIDO DE [HTTPS://DSPACE.UCUENCA.EDU.EC/BITSTREAM/123456789/747/1/TI874.PDF](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/747/1/TI874.pdf)
- DAS, R., KRISHNAKUMAR, A., RATHEESH, M., & THULSEEDHARAN, D. (2021). WATER QUALITY ASSESSMENT OF THREE TROPICAL FRESHWATER LAKES OF KERALA, SW INDIA, WITH SPECIAL REFERENCE TO DRINKING WATER POTENTIAL. *SCIENCEDIRECT*. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW-SCIENCEDIRECT-COM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S221515322100163X](https://www.sciencedirect.com/unipamplona/basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S221515322100163X)
- DOUTERELO, I., DUTILH, B., CALERO, C., ROSALES, E., MARTIN, K., & HUSBAND, S. (2020). *IMPACT OF PHOSPHATE DOSING ON THE MICROBIAL ECOLOGY OF DRINKING WATER DISTRIBUTION SYSTEMS: FIELDWORK STUDIES IN CHLORINATED NETWORKS*. *SCIENCEDIRECT*. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW-SCIENCEDIRECT-COM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S0043135420309519](https://www.sciencedirect.com/unipamplona/basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0043135420309519)
- EMSERPA E.S.P, E. E. (2017). SIEMBRA Y DETERMINACION DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES.
- EMSERPA E.S.P, E. E. (2017). *SIEMBRA Y DETERMINACION DE MICROORGANISMO MESOFILOS*. ARAUCA.

- EMSERPA. (S.F.). *RESEÑA HISTORICA*. EMPRESA MUNICIPAL DE SERVICIOS PÚBLICOS DE ARAUCA EMSERPA E.I.C.E. E.S.P, ARAUCA, ARAUCA. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.EMSERPA.GOV.CO/SITIO/ES/INSTITUCIONAL/NOSOTROS/RESENA-HISTORICA.HTML](https://www.emserpa.gov.co/sitio/es/institucional/nosotros/reseña-historica.html)
- EPA. (S.F.). *POTENTIAL WELL WATER CONTAMINANTS AND THEIR IMPACTS*. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.EPA.GOV/PRIVATEWELLS/POTENTIAL-WELL-WATER-CONTAMINANTS-AND-THEIR-IMPACTS](https://www.epa.gov/privatewells/potential-well-water-contaminants-and-their-impacts)
- ESPINOSA,K; DÍAZ, Y; OLANO, S; FERNÁNDEZ, J & CARREÑO, J. EVALUACION FISICOQUIMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL CAÑOCORDOBA DEL MUNICIPIO DE ARAUCA. OBTENIDO DE [HTTP://REVISTAS.SENA.EDU.CO/INDEX.PHP/COMPETITIVIDAD/ARTICULO/VIEW/2664/3185](http://revistas.sena.edu.co/index.php/competitividad/articulo/view/2664/3185)
- FATEMEH, D., MOHAMMAD, A., MOHAMMAD, Z., SALOMEH, K., GHOLAM, A., HOSSEIN, S., . . . SAEED, F. (2015). RAPID DETECTION OF COLIFORMS IN DRINKING WATER OF ARAK CITY USING MULTIPLEX PCR METHOD IN COMPARISON WITH THE STANDARD METHOD OF CULTURE (MOST PROBABLY NUMBER). *SCIENCEDIRECT*. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW-SCIENCEDIRECT-COM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S2221169115303348](https://www-sciencedirect-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S2221169115303348)
- GIL, J., BELLOSO, G., VIZCAINO, C., MAZA, I., SÁNCHEZ, M., BOLÍVAR, C., & MARTÍNEZ, P. (2013). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y NIVELES DE NITRATOS Y NITRITOS EN LAS AGUAS DEL RÍO GUARAPICHE, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA*. VENEZUELA. OBTENIDO DE [HTTP://WWW.BIOLINE.ORG.BR/PDF?CG13020](http://www.bioline.org.br/pdf?CG13020)
- GOBERNACION DE ARAUCA. (2016). MUNICIPIO DE ARAUCA. ARAUCA. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.ARAUCA.GOV.CO/GOBERNACION/MUNICIPIOS/MUNICIPIO-DE-ARAUCA](https://www.arauca.gov.co/gobernacion/municipios/municipio-de-arauca)
- GOLAKI, M., AZHDARPOOR, A., MOHAMADPOUR, A., DERAKHSHAN, Z., & OLIVERI, G. (2021). HEALTH RISK ASSESSMENT AND SPATIAL DISTRIBUTION OF NITRATE, NITRITE, FLUORIDE, AND COLIFORM CONTAMINANTS IN DRINKING WATER RESOURCES OF KAZERUN, IRAN. *SCIENCEDIRECT*. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW-SCIENCEDIRECT-COM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S0013935121011440](https://www-sciencedirect-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0013935121011440)
- GUEVARA, E., & MORENO, M. (2019). *CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN ESPAÑA*. MINISTERIO DE SANIDAD. OBTENIDO DE

- HTTPS://WWW.MSCBS.GOB.ES/PROFESIONALES/SALUDPUBLICA/DOCS/INFORME_AC_2019.PDF
 MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. (2007). *DECRETO 1575 DE 2007*. OBTENIDO DE FILE:///C:/USERS/AUTORIZADO/DOWNLOADS/DECRETO_1575_DE_2007%20(1).PDF
- MEKONNEN, A., JEMAL, K., WOLDEAREGAY, G., & DESTA, K. (2020). QUALITY AND SAFETY OF MUNICIPAL DRINKING WATER IN ADDIS ABABA CITY, ETHIOPIA. *SPRINGERLINK*. OBTENIDO DE HTTPS://LINK-SPRINGER-COM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/ARTICLE/10.1186/S12199-020-00847-8
- MERIDE, Y., & AYENEW, B. (2016). DRINKING WATER QUALITY ASSESSMENT AND ITS EFFECTS ON RESIDENTS HEALTH IN WONDO GENET CAMPUS, ETHIOPIA. *SPRINGER LINK*. OBTENIDO DE HTTPS://LINK-SPRINGER-COM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/ARTICLE/10.1186/S40068-016-0053-6
- MIAN, H., HU, G., HEWAGE, K., RODRIGUEZ, M., & SADIQ, R. (2021). DRINKING WATER QUALITY ASSESSMENT IN DISTRIBUTION NETWORKS: A WATER FOOTPRINT APPROACH. *SCIENCEDIRECT*. OBTENIDO DE HTTPS://WWW-SCIENCEDIRECT-COM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S0048969721009116
- MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2007). *RESOLUCIÓN NÚMERO 2115 DEL 2007*. OBTENIDO DE HTTPS://LABORATORIODEANALISIS.LASALLE.EDU.COM/WCM/CONNECT/LIAC/D951C109-A227-44A3-8A42-1D1F87DB2B43/RESOLUCI%C3%B3N_2115-2007.PDF?MOD=AJPERES&CVID=LMO0SFE
- MORALES, J. (2018). DETERMINACIÓN DE FE III Y/O FE TOTAL EN AGUAS POTABLES Y NATURALES POR MEDIO DE EXTRACCIÓN EN FASE SÓLIDA. *UNIVERSIDAD DE CHILE –FACULTAD DE CIENCIAS*. OBTENIDO DE HTTPS://REPOSITORIO.UCHILE.CL/BITSTREAM/HANDLE/2250/152933/SEMINARIO%20DE%20T%C3%ADTULO%20JORGE%20PAPIC%20MORALES.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y
- MOREIRA, G., PEREIRA, E., & SÁNCHEZ, I. (2016). *APLICACIÓN DE ELECTRÓLISIS CON ADICIÓN DE SALES PARA REMOCIÓN DE COLOR EN POTABILIZACIÓN DE AGUA*. TUNJA-BOYACA: REVISTA FACULTAD DE INGENIERÍA. OBTENIDO DE FILE:///C:/USERS/AUTORIZADO/DOWNLOADS/DIALNET-ELECTROLYTICPROCESSAPPLIEDWITHADDITIONOFSALTSFORCO-

5922761.PDF

- MORR, S., CUARTAS, E., ALWATTAR, B., & LANE, J. (2006). *HOW MUCH CALCIUM IS IN YOUR DRINKING WATER? A SURVEY OF CALCIUM CONCENTRATIONS IN BOTTLED AND TAP WATER AND THEIR SIGNIFICANCE FOR MEDICAL TREATMENT AND DRUG ADMINISTRATION*. NCBI. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.NCBI.NLM.NIH.GOV/PMC/ARTICLES/PMC2488164/](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2488164/)
- NAVARRO, M. (2007). DETERMINACIÓN DE ESCHERICHIA COLI Y COLIFORMES TOTALES EN AGUA POR EL MÉTODO DE FILTRACIÓN POR MEMBRANA EN AGAR CHROMOCULT. (PÁG. 17). INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. OBTENIDO DE [HTTP://WWW.IDEAM.GOV.CO/DOCUMENTS/14691/38155/COLIFORMES+TOTALES+Y+E.+COLI+EN+AGUA+FILTRACI%C3%B3N+POR+MEMBRANA.PDF/5414795C-370E-48EF-9818-EC54A0F01174#:~:TEXT=LA%20PRESENCIA%20DE%20ESCHERICHIA%20COLI,SE%20CONSIDERA%20COMO%20INDICADOR%20UNIVERSAL](http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/COLIFORMES+TOTALES+Y+E.+COLI+EN+AGUA+FILTRACI%C3%B3N+POR+MEMBRANA.PDF/5414795C-370E-48EF-9818-EC54A0F01174#:~:TEXT=LA%20PRESENCIA%20DE%20ESCHERICHIA%20COLI,SE%20CONSIDERA%20COMO%20INDICADOR%20UNIVERSAL).
- OLIVAS, E; FLOREZ, J; DI GIOVANNI, G; CORRA, B; OSUNA,P. (2013). CONTAMINACIÓN FECAL EN AGUA POTABLE DEL VALLE DE JUÁREZ. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.REDALYC.ORG/PDF/573/57328308006.PDF](https://www.redalyc.org/pdf/573/57328308006.pdf)
- OMS. (2016). GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE [RECURSO ELECTRÓNICO]: INCLUYE EL PRIMER APÉNDICE. VOL. 1:., (PÁG. 408). OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.WHO.INT/WATER_SANITATION_HEALTH/DWQ/GDWQ3_ES_FULL_LOWRES.PDF](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
- OMS. (2018). *GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO: CUARTA EDICIÓN QUE INCORPORA LA PRIMERA ADENDA*. GINEBRA. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.WHO.INT/WATER_SANITATION_HEALTH/DWQ/GDWQ3_ES_FULL_LOWRES.PDF](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
- OSKARSSON, A., KJERSTINE, A., MANDAVA, G., JOHANNISSON, A., HOLMES, A., TRÖGER, R., & LUNDQVIST, J. (2020). ASSESSMENT OF SOURCE AND TREATED WATER QUALITY IN SEVEN DRINKING WATER TREATMENT PLANTS BY IN VITRO BIOASSAYS – OXIDATIVE STRESS AND ANTIANDROGENIC EFFECTS AFTER ARTIFICIAL INFILTRATION. *SCIENCE DIRECT*. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW-SCIENCEDIRECT-COM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S004896972037532X#BB0305](https://www-science-direct-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S004896972037532X#BB0305)
- PEREZ, E. (2016). CONTROL DE CALIDAD EN AGUAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DE COSTA RICA. *SCIELO*.

OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.SCIOLO.SA.CR/SCIOLO.PHP?PID=S0379-39822016000300003&SCRIPT=SCI_ARTTEXT&TLNG=EN](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822016000300003&script=sci_arttext&tlng=en)

PETRO, A., & WEES, T. (2014). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE TURBACO – BOLÍVAR, CARIBE COLOMBIANO*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR. OBTENIDO DE [HTTPS://BIBLIOTECA.UTB.EDU.CO/NOTAS/TESIS/0067155.PDF](https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0067155.pdf)

PRASAD, G., RESHMA, A., & VINODINI, M. (2021). *ASSESSMENT OF DRINKING WATER QUALITY ON PUBLIC HEALTH AT ALAPPUZHA DISTRICT, SOUTHERN KERALA, INDIA*. SCIENCEDIRECT. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW-SCIENCEDIRECT-COM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S2214785321003916](https://www-sciencedirect-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S2214785321003916)

PRASAD, G., RESHMA, A., & VINODINI, M. (2021). *ASSESSMENT OF DRINKING WATER QUALITY ON PUBLIC HEALTH AT ALAPPUZHA DISTRICT, SOUTHERN KERALA, INDIA*. SCIENCEDIRECT. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW-SCIENCEDIRECT-COM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S2214785321003916](https://www-sciencedirect-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S2214785321003916)

QUISPE, M., & SANCHEZ, E. (2008). DIAGNÓSTICO ORGANOLÉPTICO, INORGÁNICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA POTABLE CONSUMIDA POR LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE TRUJILLO. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO*. OBTENIDO DE [HTTPS://DSpace.UNITRU.EDU.PE/BITSTREAM/HANDLE/UNITRU/9171/QUISPEQUIROZ_M%20-%20SANCHEZSANDOVAL_E.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/unitru/9171/QUISPEQUIROZ_M%20-%20SANCHEZSANDOVAL_E.PDF?sequence=1&isallowed=y)

RICE, E., BAIRD, R., EATON, A., & CLESCERI, L. (2012). *STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER*. WASHINGTON: APHA, AWWA, WEF.

ROBERT, M. (2014). MICROORGANISMOS INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN CUBA. *CENIC. CIENCIAS BIOLÓGICAS*. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.REDALYC.ORG/PDF/1812/181230079005.PDF](https://www.redalyc.org/pdf/1812/181230079005.pdf)

RODRÍGUEZ, J. (2008). PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE DUREZA TOTAL EN CALCIO Y MAGNESIO, PH, CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA DEL AGUA POTABLE ANALIZADOS EN CONJUNTO CON LAS ASOCIACIONES ADMINISTRADORAS DEL ACUEDUCTO, (ASADAS), DECADA DISTRITO DE GRECIA, CANTÓN DE ALAJUELA, NOVIEMBRE. *PENSAMIENTO ACTUAL, UNIVERSIDAD DE COSTA RICA*. OBTENIDO DE [FILE:///C:/USERS/AUTORIZADO/DOWNLOADS/DIALNET-PARAMETROS FISICOQUIMICOS DE DUREZA TOTAL EN CALCIO Y MAGN-5897932.PDF](file:///C:/Users/Autorizado/Downloads/DIALNET-PARAMETROS FISICOQUIMICOS DE DUREZA TOTAL EN CALCIO Y MAGN-5897932.PDF)

- RODRÍGUEZ, S., DE ASMUNDIS, C., & MARTÍNEZ, G. (2016). VARIACIONES ESTACIONALES DE LAS CONCENTRACIONES DE FOSFATOS Y NITRATOS EN DISTINTAS FUENTES DE AGUAS DE PEQUEÑOS PRODUCTORES HORTÍCOLAS. *AGROTECNIA*. OBTENIDO DE [HTTPS://REVISTAS.UNNE.EDU.AR/INDEX.PHP/AGR/ARTICLE/VIEW/1174/965](https://revistas.unne.edu.ar/index.php/agr/article/view/1174/965)
- SALUD, O. M. (2018). GUIAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO: CUARTA EDICIÓN QUE INCORPORA LA PRIMERA ADENDA. GINEBRA. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.WHO.INT/WATER_SANITATION_HEALTH/DWQ/GDWQ3_ES_FULL_LOWRES.PDF](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
- SALUD, O. M. (2018). *GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO: CUARTA EDICIÓN QUE INCORPORA LA PRIMERA ADENDA*. GINEBRA. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.WHO.INT/WATER_SANITATION_HEALTH/DWQ/GDWQ3_ES_FULL_LOWRES.PDF](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
- SHARIATI, M., & HEIDARI, S. (2020). CLASSIFICATION AND DETERMINATION OF TOTAL HARDNESS OF WATER USING SILVER NANOPARTICLES. *SCIENCEDIRECT*. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW-SCIENCEDIRECT-COM.UNIPAMPLONA.BASESDATOSEZPROXY.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S0039914020305889](https://www-sciencedirect-com.unipamplona.basesdatosprox.com/science/article/pii/S0039914020305889)
- SINGH, Y., AGARWAL, M., GUPTA, A., GUPTA, S., & SHUKLA, P. (2021). FLUORIDE OCCURRENCES, HEALTH PROBLEMS, DETECTION, AND REMEDIATION METHODS FOR DRINKING WATER: A COMPREHENSIVE REVIEW. *SCIENCEDIRECT*. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW-SCIENCEDIRECT-COM.UNIPAMPLONA.BASESDATOSEZPROXY.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S0048969721056795](https://www-sciencedirect-com.unipamplona.basesdatosprox.com/science/article/pii/S0048969721056795)
- SOTO, J. (2010). *LA DUREZA DEL AGUA COMO INDICADOR BÁSICO DE LA PRESENCIA DE INCRUSTACIONES EN INSTALACIONES DOMÉSTICAS SANITARIAS*. MÉXICO: SCIELO. OBTENIDO DE [HTTP://WWW.SCIELO.ORG/MX/SCIELO.PHP?SCRIPT=SCI_ARTTEXT&PID=S1405-77432010000200004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432010000200004)
- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 2. (2018). 2150 ODOR. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.STANDARDMETHODS.ORG/DOI/10.2105/SMWW.2882.019](https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.019)
- TEUTLI, E. (2007). *INFLUENCIA DEL SODIO, CALCIO, MAGNESIO Y AMONIO EN LA SORCIÓN DE CADMIO EN UNA ROCA ZEOLÍTICA*. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA, ESTADO DE MEXICO. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.OSTI.GOV/ETDEWEB/SERVLETS/PURL/21016730](https://www.osti.gov/etdweb/servlets/purl/21016730)


- THOMPSON, T., FAWEL, J., KUNIKANE, S., JACKSON, D., APPLEYARD, S., CALLAN, P., . . . KINGSTON, P. (2007). *CHEMICAL SAFETY OF DRINKING-WATER: ASSESSING PRIORITIES FOR RISK MANAGEMENT*.
OBTENIDO DE
[HTTPS://APPS.WHO.INT/IRIS/BITSTREAM/HANDLE/10665/43285/9789241546768_ENG.PDF](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43285/9789241546768_eng.pdf)
- TODA COLOMBIA. (2019). *MUNICIPIOS DE ARAUCA DIVISIÓN POLÍTICA*.
OBTENIDO DE
[HTTPS://WWW.TODACOLOMBIA.COM/DEPARTAMENTOS-DE-COLOMBIA/ARAUCA/MUNICIPIOS-DIVISION-POLITICA.HTML](https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/arauca/municipios-division-politica.html)
- TOVAR, S., & MISNAZA, S. (2016). *DOCUMENTO TÉCNICO POLÍTICA DE FLÚOR VS CARIES Y FLUOROSIS DENTAL EN COLOMBIA*. MINSALUD.
OBTENIDO DE
[HTTPS://WWW.MINSALUD.GOV.CO/SITES/RID/LISTS/BIBLIOTECADIGITAL/RIDE/VS/PP/ENT/PERSPECTIVA-USO-FLUOR.PDF](https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/lists/bibliotecadigital/ride/vs/pp/ent/perspectiva-uso-fluor.pdf)
- VALENCIA, C. (2006). *QUÍMICA DEL HIERRO Y MANGANESO EN EL AGUA, MÉTODOS DE REMOCIÓN*. UNIVERSIDAD DE CUENCA, CUENCA - ECUADOR.
OBTENIDO DE
[HTTPS://DSpace.UCUENCA.EDU.EC/BITSTREAM/123456789/754/1/TI881.PDF](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/754/1/TI881.pdf)
- WHO. (1997). *GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY. SURVEILLANCE AND CONTROL OF COMMUNITY SUPPLIES*.
- ZHUANG, Y., CHEN, R., & SHI, B. (2021). IRON PARTICLE FORMATION UNDER CHLORINE DISINFECTION CONSIDERING EFFECTS OF DEOXIDIZERS IN DRINKING WATER. *SCIENCEDIRECT*. OBTENIDO DE
[HTTPS://WWW-SCIENCEDIRECT-COM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S0304389421015466](https://www-sciencedirect-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0304389421015466)

ANEXOS

ANEXO A. Resultados diarios mensuales de los análisis fisicoquímicos en los diferentes puntos de la red de distribución

A continuación se observa detalladamente cada uno de los resultados diarios para las diferentes muestras de aguas tomadas en los puntos concertados por EMSERPA E.S.P en los diferentes meses propuestos para este estudio (agosto, septiembre, octubre, noviembre del 2021).

TABLA 1. Resultados de los análisis fisicoquímicos de los puntos de la red de distribución para el mes de agosto.

Versión: 02		ANÁLISIS ORGANOLÉPTICOS, FÍSICOS Y QUÍMICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN																								
Edición: 26/10/2020		ago-21																								
No. Muestra	Día / Hora	Precedencia	Punto de Toma	Clor	sabor	sustancias flotantes	Color aparente	Turbiedad	PH	Temperatura	Cloro Residual libre	Dureza Total	Dureza Calcio	Magnesio	Manganeso	Hierro Total	Cloruro	Alcalinidad Total	Nitrato	Nitrato	Fenoles	Fenoles	Residual de Coagulante	Sulfato	Conductividad	
				A/NA	A/NA	A/P	UPC	NTU		°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Valores de referencia, Decreto 1575 de 2007 y Rural 2115 de 2007							6,00	15	15		15	1		1	1	1,5	1	1	3	1	1	1	1	3	1	
Punto de riesgo de las características de Rural 2115 de 2007																										
1	1	RED	Miramar 21	A	A	A	1,10	0,348	6,88	28,6																52,6
2	1	RED	Libertadores	A	A	A	1,50	0,396	6,82	29,2																51,9
3	1	RED	Américas	A	A	A	1,30	0,355	6,91	28,6																53,8
4	1	RED	Flor de mi Llano	A	A	A	3,00	0,481	6,88	28,9																53,5
5	2	RED	Miramar 21	A	A	A	8,00	1,540	7,25	25,8	0,71	28,2	16,5	2,8431	0,004	0,03	2,3	17,2	0,007	1,1	0,09	0,06	0,008	5	54,2	
6	2	RED	Santa Teresita	A	A	A	8,50	1,610	7,66	26,1	0,73	27,9	15,9	2,916	0,005	0,03	1,8	16,5	0,006	0,8	0,11	0,06	0,012	5	53,8	
7	2	RED	Centro	A	A	A	3,20	0,606	7,65	27,4	1,10	28,1	16,8	2,7459	0,003	0,02	1,4	17,3	0,004	0,5	0,15	0,05	0,011	5	55,1	
8	2	RED	Cristo Rey	A	A	A	4,10	0,652	7,18	27,4	1,05	28,5	16,6	2,8917	0,003	0,03	1,9	17,3	0,005	0,9	0,12	0,07	0,015	6	52,6	
9	2	RED	Unión	A	A	A	4,50	0,767	7,56	27,7	1,18	27,5	15,9	2,8188	0,006	0,04	2,1	16,7	0,007	1	0,08	0,08	0,009	6	53,5	
10	2	RED	Américas	A	A	A	8,30	1,560	7,46	26,7	0,58	28,3	17,2	2,6973	0,004	0,04	1,8	18	0,007	0,9	0,1	0,06	0,016	5	52,9	
11	3	RED	Miramar 21	A	A	A	3,80	0,455	7,15	26,6	0,92	27,6	15,8	2,8674	0,002	0,05	1,5	16,5	0,005	1,3	0,17	0,05	0,006	5	55,9	
12	3	RED	Cristo Rey	A	A	A	4,10	0,473	7,18	26,9	1,02	27,9	16,4	2,7945	0,003	0,03	1,7	17	0,004	1,1	0,22	0,05	0,009	6	56,2	

97	24	RED	Miramar 21	A	A	A	2,80	0,327	7,13	29,6	0,75	27,4	16,7	2,6001	0,003	0,02	1,7	17,2	0,012	0,8	0,14	0,04	0,014	3	51,7
98	24	RED	Santa Teresita	A	A	A	3,20	0,358	7,15	29,9	0,78	27,7	17,1	2,5758	0,003	0,02	1,3	17,5	0,009	0,9	0,1	0,06	0,011	3	52,2
99	24	RED	Unión	A	A	A	3,60	0,396	7,02	28,8	0,67	28,5	17,6	2,6487	0,004	0,03	1,6	17,9	0,006	1,2	0,08	0,04	0,009	4	51,9
100	24	RED	12 de Octubre	A	A	A	3,90	0,452	7,06	29,2	0,73	28,2	18,1	2,4543	0,004	0,04	2	18,2	0,008	0,9	0,13	0,05	0,016	5	53,1
101	25	RED	Miramar 21	A	A	A	6,40	0,673	6,92	29,2															52,6
102	25	RED	Córdoba	A	A	A	6,10	0,651	6,95	28,3															53,1
103	25	RED	Porvenir	A	A	A	6,80	0,717	7,02	28,5															51,9
104	25	RED	Fundadores	A	A	A	7,10	0,729	6,94	29,1															52,8
105	26	RED	Miramar 21	A	A	A	4,10	0,458	6,99	27,9															49,6
106	26	RED	Centro	A	A	A	3,70	0,417	7,05	27,6															49,9
107	26	RED	Alcaraván	A	A	A	4,60	0,496	7,12	28,2															50,6
108	26	RED	Villa del Prado	A	A	A	4,80	0,538	7,02	27,7															51
109	27	RED	Miramar 21	A	A	A	5,60	0,626	7,06	26,6															48,7
110	27	RED	Américas	A	A	A	5,20	0,602	7,1	26,3															47,6
111	27	RED	Libertadores	A	A	A	6,30	0,719	6,99	28,5															49,6
112	27	RED	Brisas del Llano	A	A	A	5,50	0,673	7,05	27,2															48,5
113	28	RED	Miramar 21	A	A	A	3,20	0,398	7,1	29,3															49,5
114	28	RED	Miramar 16	A	A	A	3,60	0,397	7,12	29,1															48,9
115	28	RED	San Carlos	A	A	A	3,80	0,426	7,15	28,8															50,2
116	28	RED	Meridiano 70	A	A	A	4,30	0,451	7,08	28,5															49,7
117	29	RED	Miramar 21	A	A	A	3,70	0,426	6,95	28,3															51,6
118	29	RED	San Luis	A	A	A	3,50	0,408	6,98	29,2															51,9
119	29	RED	Flor Amarillo	A	A	A	4,20	0,472	7,03	28,8															50,6
120	29	RED	Flor de ml Llano	A	A	A	4,70	0,527	7,01	29,5															52,3
121	30	RED	Miramar 21	A	A	A	6,90	0,741	7,05	25,5	1,23	29,2	17,8	2,770	0,004	0,03	2,0	18,2	0,005	1,2	0,21	0,08	0,009	4	50,3
122	30	RED	Santa Teresita	A	A	A	6,70	0,718	7,08	25,7	1,18	28,9	17,2	2,843	0,002	0,02	1,7	17,5	0,003	1,0	0,19	0,07	0,011	4	50,8
123	30	RED	12 de Octubre	A	A	A	7,50	0,806	6,99	26,2	1,05	29,7	18,2	2,795	0,004	0,04	2,3	19	0,008	1,3	0,15	0,09	0,015	4	51,2
124	30	RED	Unión	A	A	A	7,70	0,835	7,02	25,9	0,97	29,3	18,5	2,624	0,005	0,06	2,1	18,9	0,01	1,8	0,22	0,08	0,008	4	52,1
125	31	RED	Miramar 21	A	A	A	4,70	0,529	7,01	25,6	1,01	28,6	16,3	2,9889	0,002	0,02	1,2	16,6	0,004	0,9	0,14	0,05	0,013	4	50,8
126	31	RED	Córdoba	A	A	A	4,90	0,558	6,98	25,5	0,95	28,5	16,3	2,9646	0,003	0,02	1,4	16,8	0,005	1,1	0,12	0,03	0,01	4	51,2
127	31	RED	Porvenir	A	A	A	5,60	0,608	7,03	26,2	0,89	29,1	17	2,9403	0,005	0,03	1,7	17,4	0,005	1,4	0,18	0,05	0,016	5	50,8
128	31	RED	Fundadores	A	A	A	5,20	0,573	6,94	26,4	0,92	28,8	16,7	2,9403	0,004	0,03	1,6	17,1	0,006	1,3	0,13	0,05	0,009	5	52,3

TABLA 2. Resultados de los análisis fisicoquímicos de los puntos de la red de distribución para el mes de septiembre.




Versión: 02		ANÁLISIS ORGANOLÉPTICOS, FÍSICOS Y QUÍMICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN																							
Edición: 26/10/2020		sep-21																							
No. Muestra	Día / Hora	Procedencia	Punto de Toma	Olor	Sabor	Sustancias Flotantes	Color Aparente	Turbiedad	pH	Temperatura	Cloro Residual Libre	Dureza Total	Dureza Calcio	Magnesio	Manganeso	Hierro Total	Cloruros	Alcalinidad Total	Nitritos	Nitratos	Fluoruros	Fosfatos	Residual de Coagulante	Sulfatos	Conductividad
				A/A	A/A	A/P	UPC	NTU	°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Valores de referencia, Decreto 1075 de 2007 y Rural 2115 de 2007				A/A	A/A	A/P	≤15	≤2,0	6,5-9,0		0,3-2,0	≤300	≤150	≤36	≤0,1	≤0,3	≤250	≤200	≤0,1	≤10	≤1	≤0,5	≤0,2	≤250	≤1000
Punto de riesgo de las sustancias químicas Rural 2115 de 2007							6,00	15	15		15	1			1	1	1,5	1	1	3	1	1	1	3	1
1	1	RED	Miramar 21	A	A	A	3,60	0,422	6,98	26,5															58,7
2	1	RED	Centro	A	A	A	4,10	0,467	7,03	25,9															59,1
3	1	RED	Flor Amarillo	A	A	A	4,70	0,524	7,11	25,5															59,3
4	1	RED	Brisas del Llano	A	A	A	5,20	0,582	6,99	27,3															57,2
5	2	RED	Miramar 21	A	A	A	7,20	0,771	7,04	26,8															56,2
6	2	RED	Córdoba	A	A	A	6,40	0,726	7,06	27,3															55,9
7	2	RED	Unión	A	A	A	7,60	0,834	7,01	27,5															54,3
8	2	RED	Flor de ml Llano	A	A	A	7,50	0,799	7,05	28,2															56,8
9	3	RED	Miramar 21	A	A	A	3,90	0,558	7,15	27,5															56,2
10	3	RED	Santa Teresita	A	A	A	4,30	0,594	7,22	28,1															55,4
11	3	RED	Porvenir	A	A	A	5,50	0,634	7,18	27,9															57,1
12	3	RED	Villa del Prado	A	A	A	6,10	0,726	7,05	28,5															58
13	4	RED	Miramar 21	A	A	A	3,10	0,362	7,08	25,8															54,2

TABLA 3. Resultados de los análisis fisicoquímicos de los puntos de la red de distribución para el mes de octubre.

Versión: 02		ANÁLISIS ORGANOLÉPTICOS, FÍSICOS Y QUÍMICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN																								
Edición: 26/10/2020		oct-21																								
No. Muestra	Día / Hora	Procedencia	Punto de Toma	Olor	Sabor	Sustancias Plomadas	Color Aparente	Turbiedad	pH	Temperatura	Cloro Residual libre	Dureza Total	Dureza Calcica	Magnesio	Manganeso	Hierro Total	Cloruros	Alcalinidad Total	Nitritos	Nitratos	Fluoruros	Fosfatos	Residual de Conglutinante	Sulfatos	Conductividad	
				A/N A	A/N A	A/P	UPC	NTU		°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Valores de referencia, Decreto 1575 de 2007 y Resolución 2115 de 2007							≤15	≤2,0	6,5-9,0		0,3-2,0	≤300	≤150	≤36	≤0,1	≤0,3	≤250	≤200	≤0,1	≤10	≤1	≤0,5	≤0,2	≤250	≤1000	
Puntaje de riesgo de las características según Resolución 2115 de 2007							6,00	15	15		15	1			1	1	1,5	1	1	3	1	1	1	3	1	
1	1	RED	Miramar 21	A	A	A	7,90	0,852	7,02	27,9															58,7	
2	1	RED	Centro	A	A	A	8,30	0,894	7,06	28,3															57,6	
3	1	RED	Porvenir	A	A	A	8,80	0,934	7,1	29,0															59,1	
4	1	RED	Fundadores	A	A	A	9,30	0,958	6,99	28,7															58,2	
5	2	RED	Miramar 21	A	A	A	4,80	0,559	6,97	25,8															61,2	
6	2	RED	Américas	A	A	A	6,10	0,631	6,99	26,2															59,7	
7	2	RED	Libertadores	A	A	A	5,70	0,602	6,93	25,9															60,5	
8	2	RED	Brisas del Llano	A	A	A	5,20	0,587	6,98	26,8															61,5	
9	3	RED	Miramar 21	A	A	A	6,50	0,726	7,03	27,0															57,2	
10	3	RED	Miramar 16	A	A	A	6,50	0,714	7,05	26,8															58,1	
11	3	RED	San Luis	A	A	A	6,70	0,683	7,12	27,5															57,6	
12	3	RED	Meridiano 70	A	A	A	7,10	0,788	7,08	28,2															59	

13	4	RED	Miramar 21	A	A	A	1,90	0,259	6,9	26,1	0,83	24,5	13,2	2,7459	0,004	0,02	1,8	13,60	0,008	1,1	0,12	0,05	0,013	5	65
14	4	RED	Santa Teresita	A	A	A	2,10	0,272	7,06	26,2	0,76	25,2	12,9	2,9889	0,002	0,02	2,1	13,50	0,006	0,9	0,09	0,03	0,017	4	65,8
15	4	RED	12 de Octubre	A	A	A	1,60	0,241	7,07	26,3	0,71	25,8	14,1	2,8431	0,004	0,04	2,5	14,90	0,012	1,3	0,17	0,08	0,015	6	61,5
16	4	RED	Centro	A	A	A	1,50	0,219	7,1	26,2	0,72	24,9	13,5	2,7702	0,003	0,03	1,9	14,10	0,007	1,5	0,21	0,05	0,022	5	61,2
17	4	RED	Cristo Rey	A	A	A	1,20	0,206	7,12	26,1	0,69	25,6	14,8	2,6244	0,003	0,03	2,2	15,20	0,005	1,2	0,18	0,06	0,019	4	60,8
18	4	RED	Américas	A	A	A	1,30	0,221	7,14	26,0	0,69	24,7	15,1	2,3328	0,002	0,02	2,1	16,20	0,005	1,1	0,15	0,04	0,016	5	60,9
19	5	RED	Miramar 21	A	A	A	7,10	0,825	7,01	28,5	1,07	25,2	14,2	2,673	0,002	0,03	2,7	14,80	0,004	1,4	0,14	0,02	0,022	4	61,3
20	5	RED	Córdoba	A	A	A	7,60	0,849	7,03	28,8	0,84	24,8	13,9	2,6487	0,002	0,03	2,5	14,50	0,002	1,2	0,11	0,02	0,026	4	61,8
21	5	RED	Alcaraván	A	A	A	6,80	0,734	7,06	29,1	1,10	25,1	14,5	2,5758	0,003	0,02	2,2	15,10	0,005	1,6	0,08	0,02	0,019	4	62,5
22	5	RED	Villa del Prado	A	A	A	8,70	0,902	6,99	27,9	0,98	25,5	14,8	2,6001	0,004	0,04	3	15,30	0,008	1,3	0,13	0,04	0,031	4	63,4
23	6	RED	Miramar 21	A	A	A	4,10	0,461	7,03	27,3															62,5
24	6	RED	Santa Teresita	A	A	A	4,40	0,483	7,12	27,6															63,1
25	6	RED	12 de Octubre	A	A	A	4,80	0,537	7,06	27,1															62,8
26	6	RED	Unión	A	A	A	4,90	0,558	7,01	26,9															62,7
27	7	RED	Flor Amarillo	A	A	A	7,50	0,809	7,03	27,1															63,5
28	7	RED	Porvenir	A	A	A	7,80	0,825	7	27,4															62,8
29	8	RED	Miramar 21	A	A	A	4,50	0,492	7,13	28,6															55,8
31	8	RED	Centro	A	A	A	3,80	0,436	7,11	28,3															56,3
33	8	RED	Villa del Prado	A	A	A	4,90	0,558	6,98	27,9															54,2
34	8	RED	Fundadores	A	A	A	4,60	0,499	7,05	28,1															56,9
35	9	RED	Miramar 21	A	A	A	5,2	0,567	7,04	27,9															58,1
36	9	RED	Libertadores	A	A	A	5,8	0,634	6,95	28,2															57,6
37	9	RED	Américas	A	A	A	5,5	0,591	7,09	27,5															58,5
38	9	RED	Brisas del Llano	A	A	A	6,6	0,734	7,02	28,5															59
39	10	RED	Miramar 21	A	A	A	3,50	0,416	7,11	28,5															56,3
40	10	RED	Miramar 16	A	A	A	3,70	0,438	7,14	28,5															55,9
41	10	RED	San Luis	A	A	A	4,70	0,502	7,21	28,1															54,2
42	10	RED	Meridiano 70	A	A	A	4,20	0,477	7,18	27,8															56,8
43	11	RED	Miramar 21	A	A	A	3,10	0,321	6,87	31,0	0,86	24,6	13,8	2,624	0,002	0,01	1,9	16,20	0,004	1,1	0,08	0,08	0,014	7	67,1
44	11	RED	Ciudad Jardín	A	A	A	3,70	0,288	7,01	30,7	0,89	25,1	14,1	2,673	0,002	0	2,2	15,90	0,001	0,7	0,09	0,16	0,022	7	57,7
45	11	RED	San Carlos	A	A	A	3,80	0,209	7,01	30,4	1,00	24,8	15,0	2,381	0,002	0	2,7	16,10	0,001	0,7	0,11	0,21	0,026	6	62,2
46	11	RED	Flor de mi Llano	A	A	A	4,40	0,239	7,02	30,4	0,95	25,5	15,2	2,503	0,003	0,01	2,5	16,50	0,001	0,6	0,14	0,02	0,019	5	60,1
47	12	RED	Miramar 21	A	A	A	4,70	0,212	6,9	27,6	1,07	25,3	15,1	2,479	0,003	0,01	2,3	15,5	0,003	1,2	0,07	0,09	0,012	6	56,2
48	12	RED	Córdoba	A	A	A	4,50	0,321	7,02	28,0	0,81	25,5	14,9	2,576	0,001	0,01	2,1	15,8	0,002	1,5	0,11	0,1	0,018	6	56,2
49	12	RED	Alcaraván	A	A	A	4,80	0,235	7,05	27,5	0,88	25,1	15,6	2,309	0,001	0,02	1,5	16,1	0,002	0,6	0,09	0,08	0,021	6	55
50	12	RED	Villa del Prado	A	A	A	4,70	0,229	7,07	27,6	1,10	26,2	15,8	2,527	0,002	0,03	1,8	15,9	0,003	1,2	0,09	0,08	0,033	5	54,9
51	13	RED	Miramar 21	A	A	A	6,20	1,090	6,94	30,9															61,1
52	13	RED	Santa Teresita	A	A	A	6,10	0,891	7,02	30,630,															56,8
53	13	RED	Porvenir	A	A	A	6,00	0,870	7,04	30,7															56,7
54	13	RED	Unión	A	A	A	4,40	0,710	7,01	30,8															58
55	14	RED	Miramar 21	A	A	A	2,50	0,323	6,96	30,1															69,1
56	14	RED	Cristo Rey	A	A	A	3,50	0,426	7,05	30,2															61,8
57	14	RED	12 de Octubre	A	A	A	4,70	0,526	7,04	30,1															61,5
58	14	RED	Fundadores	A	A	A	2,80	0,326	7,01	30,1															60,4
59	15	RED	Miramar 21	A	A	A	1,70	0,284	6,9	30,1															79,7
60	15	RED	Centro	A	A	A	3,50	0,840	6,97	30,2															61,2
61	15	RED	Flor Amarillo	A	A	A	2,10	0,288	7,03	29,8															59,3
62	15	RED	Brisas del Llano	A	A	A	5,10	0,860	7,01	30,2															61,4
63	16	RED	Miramar 21	A	A	A	3,70	0,287	6,95	32,0															67,3
64	16	RED	San Luis	A	A	A	3,20	0,373	7,05	31,9															58,8
65	16	RED	Libertadores	A	A	A	4,10	0,257	7,1	31,8															58,4
66	16	RED	Meridiano 70	A	A	A	4,30	0,211	7,11	31,8															58,3
67	17	RED	Miramar 21	A	A	A	0,00	0,140	6,96	31,1															65,2

TABLA 4. Resultados de los análisis fisicoquímicos de los puntos de la red de distribución para el mes de noviembre.

Versión: 02		ANÁLISIS ORGANOLÉPTICOS, FÍSICOS Y QUÍMICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN																								
Edición: 26/10/2020		nov-21																								
No. Muestra	Día / Hora	Procedencia	Punto de Toma	Olor	Sabor	Sustancias Prohibidas	Color Aparente	Turbiedad	pH	Temperatura	Cloro Residual libre	Dureza Total	Dureza Calcica	Magnesio	Manganeso	Hierro Total	Cloruros	Alcalinidad Total	Nitritos	Nitros	Fluoruros	Fosfatos	Residual de Coagulante	Sulfatos	Conductividad	
				A/NA	A/MA	A/P	≤15	≤2.0	6,5-8,0	°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Valor de referencia, Decreto 1575 de 2007 y Resolución 2115 de 2007				A/NA	A/MA	A/P	≤15	≤2.0	6,5-8,0	°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μs/cm
Punto de riesgo de las características de la Resolución 2115 de 2007							6,00	15	15		15	1		1	1	1,5	1	1	3	1	1	1	3	1		
1	1	RED	Miramar 21	A	A	A	4,60	0,524	7,09	27,5																65,2
2	1	RED	Santa Teresita	A	A	A	4,20	0,467	7,15	28,1																66,1
3	1	RED	Libertadores	A	A	A	4,90	0,552	6,99	27,6																67,3
4	1	RED	Villa del Prado	A	A	A	5,40	0,601	6,97	27,9																66,8
5	2	RED	Miramar 21	A	A	A	4,40	0,287	6,8	29,8	0,89	28,3	14,6	3,3291	0,005	0,01	4,4	15,2	0,004	0,7	0,12	0,03	0,001	5	50,3	
6	2	RED	Santa Teresita	A	A	A	5,20	0,261	6,85	29,6	0,79	28,9	15,2	3,3291	0,005	0,04	2,7	15,5	0,003	0,5	0,14	0,02	0,003	5	46,6	
7	2	RED	Centro	A	A	A	5,80	0,259	6,9	29,5	0,78	29,1	15,7	3,2562	0,01	0,01	2,9	16,2	0,005	0,5	0,14	0,03	0,016	4	45,5	
8	2	RED	Cristo Rey	A	A	A	1,80	0,266	6,9	29,5	0,77	29,5	16,1	3,2562	0,005	0,01	3,2	16,8	0,003	0,8	0,16	0,04	0,009	4	48,1	
9	2	RED	San Carlos	A	A	A	2,50	0,225	6,92	29,5	0,74	30,2	17,3	3,1347	0,005	0,03	2,9	16,5	0,003	0,7	0,22	0,08	0,002	3	49,8	
10	2	RED	Américas	A	A	A	2,70	0,313	6,91	29,5	0,70	28,5	15,5	3,159	0,005	0,04	3	14,9	0,002	0,5	0,07	0,1	0,006	4	45	
11	3	RED	Miramar 21	A	A	A	4,10	0,458	6,92	28,5	0,92	27,6	14,2	3,2562	0,003	0,02	3,9	14,6	0,004	0,9	0,14	0,05	0,008	4	51,4	
12	3	RED	Cristo Rey	A	A	A	4,30	0,476	6,94	29,1	0,88	27,8	14,5	3,2319	0,002	0,02	4,1	15,1	0,004	1,1	0,11	0,04	0,011	4	52	
13	3	RED	Porvenir	A	A	A	5,60	0,502	7,03	29,0	0,91	28,1	15	3,1833	0,003	0,03	4,5	15,7	0,004	0,8	0,15	0,04	0,013	4	51,8	

14	3	RED	12 de Octubre	A	A	A	5,50	0,573	6,9	28,7	0,83	28,5	15,3	3,2076	0,004	0,03	4	16	0,005	0,9	0,13	0,07	0,005	5	52,6
15	4	RED	Miramar 21	A	A	A	1,40	0,195	6,86	30,8															49,9
16	4	RED	Córdoba	A	A	A	4,50	0,269	6,95	30,5															51,4
17	4	RED	Brisas del Llano	A	A	A	5,60	0,281	6,9	30,4															59,5
18	4	RED	Flor de mi Llano	A	A	A	4,30	0,287	6,97	30,5															55,1
19	5	RED	Miramar 21	A	A	A	7,10	0,212	7,08	26,9															56,3
20	5	RED	Ciudad Jardín	A	A	A	6,20	0,195	7,07	27,3															56,7
21	5	RED	Flor Amarillo	A	A	A	6,70	0,135	7,08	27,1															57,2
22	5	RED	San Carlos	A	A	A	3,50	0,128	7,12	27,5															62,7
23	6	RED	Miramar 21	A	A	A	3,90	0,462	7,03	27,6															58,3
24	6	RED	Miramar 16	A	A	A	4,10	0,475	7,05	27,6															58,5
25	6	RED	Américas	A	A	A	4,60	0,502	7,11	28,1															58,8
26	6	RED	Unión	A	A	A	5,50	0,581	6,99	26,9															59,4
27	7	RED	Sa	A	A	A	4,90	0,549	7,02	28,5															64,9
28	7	RED	Me	A	A	A	5,60	0,601	7,05	27,9															65,1
29	8	RED	Mir	A	A	A	1,80	0,168	7,12	28,9	0,93	24,6	13,3	2,7459	0,002	0,09	3,9	14,1	0,001	0,7	0,26	0,08	0,001	6	73,8
31	8	RED	Sa	A	A	A	1,30	0,226	7,17	29,0	0,66	25,1	14,1	2,673	0,002	0,06	3,1	14,6	0,001	0,6	0,12	0,07	0,005	7	70,8
33	8	RED	Aic	A	A	A	3,30	0,140	7,17	28,8	0,72	25,5	14,5	2,673	0,002	0,02	2,8	15	0,002	0,8	0,23	0,08	0,008	5	70,7
34	8	RED	Vill	A	A	A	2,80	0,134	7,24	28,9	0,62	26,2	15,2	2,673	0,004	0,01	3,3	15,9	0,002	0,5	0,29	0,04	0,008	4	70,7
35	9	RED	Mir	A	A	A	3,20	0,366	7,13	26,5	0,82	24,9	13,6	2,7459	0,014	0,03	2,6		0,002	0,2	0,21	0,08	0,001	7	69,9
36	9	RED	Ce	A	A	A	5,3	0,922	7,24	28,3	0,77	24,5	13,1	2,7702	0,008	0,03	3,2		0,002	0,4	0,23	0,06	0,001	6	72,2
37	9	RED	Por	A	A	A	4,2	0,845	7,28	28,2	0,70	25,2	14	2,7216	0,011	0,07	2,4		0,001	0,6	0,21	0,05	0,002	7	69,4
38	9	RED	Fu	A	A	A	4,5	0,912	7,32	27,8	0,92	26,1	14,4	2,8431	0,005	0,04	2,6		0,001	0,5	0,22	0,05	0,001	7	69,2
39	10	RED	Mir	A	A	A	0,5	0,208	7,23	32,0															77,1
40	10	RED	Cór	A	A	A	1,5	0,181	7,26	31,6															76,9
41	10	RED	12	A	A	A	2,2	0,184	7,25	31,5															77
42	10	RED	Flo	A	A	A	1,70	0,204	7,27	31,7															77,2
43	11	RED	Mir	A	A	A	4,40	0,195	7,17	32,0															81,7
44	11	RED	Mir	A	A	A	4,00	0,158	7,27	31,6															79,3
45	11	RED	Flo	A	A	A	3,70	0,275	7,3	31,5															78,8
46	11	RED	Bri	A	A	A	4,10	0,178	7,32	31,6															79,3
47	12	RED	Mir	A	A	A	3,20	0,322	7,34	31,1															75,4
48	12	RED	Ciu	A	A	A	4,20	0,296	7,35	31,0															79,6
49	12	RED	Lib	A	A	A	6,50	0,370	7,36	31,1															80
50	12	RED	Sa	A	A	A	3,60	0,141	7,32	31,4															82,6
51	13	RED	Miramar 21	A	A	A	1,10	0,103	7,42	28,4															76,7
52	13	RED	Centro	A	A	A	1,50	0,196	7,4	28,5															77,5
53	13	RED	Unión	A	A	A	1,20	0,137	7,38	28,4															80,6
54	13	RED	Meridiano 70	A	A	A	1,70	0,215	7,37	28,4															79,4
55	14	RED	Miramar 21	A	A	A	1,40	0,180	7,42	28,3															84,9
56	14	RED	Américas	A	A	A	1,10	0,122	7,45	28,3															84,7
57	14	RED	Alcaraván	A	A	A	1,30	0,154	7,46	28,4															84,9
58	14	RED	Villa del Prado	A	A	A	1,20	0,131	7,47	28,3															84,6
59	15	RED	Miramar 21	A	A	A	1,00	0,138	7,43	28,1															84,9
60	15	RED	Santa Teresita	A	A	A	0,80	0,108	7,44	28,0															85,2
61	15	RED	Porvenir	A	A	A	1,30	0,168	7,43	28,0															85,5
62	15	RED	Brisas del Llano	A	A	A	1,10	0,126	7,42	28,1															84,9
63	16	RED	Miramar 21	A	A	A	1,20	0,162	7,23	28,5	0,95	26,2	14,9	2,7459	0,007	0,01	3,1	15,5	0,001	2,2	0,15	0,14	0,028	8	86,1
64	16	RED	Miramar 16	A	A	A	1,50	0,239	7,34	28,5	0,94	27,1	15,3	2,8674	0,007	0	3,4	15,9	0,002	1,5	0,16	0,19	0,012	8	85,6
65	16	RED	Ciudad Jardín	A	A	A	6,60	0,798	7,39	28,5	0,75	26,5	15,1	2,7702	0,005	0,04	3,3	15,6	0,001	1	0,18	0,12	0,029	8	84,5
66	16	RED	Córdoba	A	A	A	2,50	0,351	7,4	28,5	0,76	26,8	15,5	2,7459	0,004	0,02	3,3	16,1	0,002	1,1	0,27	0,19	0,008	7	85,5
67	16	RED	San Luis	A	A	A	1,80	0,255	7,43	28,5	0,80	27,1	16	2,6973	0,009	0,01	3,1	16,7	0,001	1	0,19	0,11	0,022	8	85,6
68	16	RED	Flor de mi Llano	A	A	A	1,10	0,141	7,45	28,3	0,64	27,5	16,2	2,7459	0,012	0,01	3,5	16,8	0,001	1	0,2	0,15	0,009	8	85,1

69	17	RED	Miramar 21	A	A	A	2,10	0,171	7,37	25,4	1,07	26,5	15,2	2,7459	0,008	0,02	4,7	15,80	0,002	1,3	0,31	0,11	0,014	8	86,8
70	17	RED	San Luis	A	A	A	1,20	0,116	7,41	24,8	0,92	26,8	15,8	2,673	0,006	0,05	2,9	15,90	0,001	1,1	0,33	0,22	0,012	9	83,8
71	17	RED	12 de Octubre	A	A	A	1,40	0,125	7,4	28,0	1,1	27,3	16,1	2,7216	0,009	0,1	3,1	16,30	0,003	1,3	0,28	0,21	0,018	8	85,4
72	17	RED	San Carlos	A	A	A	1,80	0,136	7,44	28,5	0,98	27,0	15,7	2,7459	0,004	0,02	3,2	16,70	0,003	1,2	0,27	0,14	0,008	8	84,8
73	18	RED	Miramar 21	A	A	A	1,10	0,165	7,2	28,2															89,5
74	18	RED	Centro	A	A	A	1,30	0,183	7,31	29,2															81,1
75	18	RED	Flor Amarillo	A	A	A	1,50	0,189	7,36	28,3															82,9
76	18	RED	Fundadores	A	A	A	2,00	0,227	7,38	29,0															83,6
79	19	RED	Alcaraván	A	A	A	1,50	0,236	7,42	32,1															85,8
80	19	RED	Villa del Prado	A	A	A	1,90	0,198	7,41	32,1															85,6
81	20	RED	Miramar 21	A	A	A	3,10	0,352	7,22	29,5															83,5
82	20	RED	Santa Teresita	A	A	A	3,60	0,396	7,26	29,7															84,2
83	20	RED	Porvenir	A	A	A	3,90	0,421	7,32	28,1															85,2
84	20	RED	Meridiano 70	A	A	A	4,50	0,517	7,28	29,6															84,6
85	21	RED	Miramar 21	A	A	A	3,10	0,289	7,24	29,3															81,3
86	21	RED	Unión	A	A	A	4,50	0,291	7,15	28,9															83,5
87	21	RED	Américas	A	A	A	3,30	0,288	7,19	29,6															82,4
88	21	RED	Brisas del Llano	A	A	A	4,90	0,281	7,14	28,5															82,8
89	22	RED	Miramar 21	A	A	A	1,70	0,201	7,34	30,2	1,08	24,3	13,8	2,5515	0,009	0,02	3,6	14,2	0,004	1	0,32	0,11	0,014	9	93,2
90	22	RED	Cristo Rey	A	A	A	1,80	0,241	7,4	30,2	1,00	23,9	13,5	2,5272	0,011	0,04	3,2	14,5	0,003	1	0,28	0,13	0,005	9	90
91	22	RED	12 de Octubre	A	A	A	2,10	0,222	7,46	30,1	1,23	25,8	14,6	2,7216	0,009	0,02	3,8	15,1	0,002	1,1	0,26	0,12	0,003	9	89,5
92	22	RED	Flor de mi Llano	A	A	A	1,50	0,181	7,43	30,1	1,03	25,5	15,1	2,5272	0,004	0,03	3,5	15,6	0,005	1,1	0,29	0,14	0,005	9	89,1
93	23	RED	Miramar 21	A	A	A	1,20	0,167	7,27	26,1	1,07	25,2	14,8	2,5272	0,004	0,08	3,3	15,5	0,005	1,2	0,25	0,12	0,007	9	94,6
94	23	RED	Miramar 16	A	A	A	1,80	0,240	7,45	26,2	0,87	25,4	15,1	2,5029	0,005	0,06	3,1	15,7	0,003	1	0,27	0,09	0,009	9	89,3
95	23	RED	Córdoba	A	A	A	2,30	0,286	7,47	27,3	0,77	26,1	15,5	2,5758	0,007	0,07	2,9	16,3	0,003	1	0,22	0,14	0,015	9	89,8
96	23	RED	Fundadores	A	A	A	4,60	0,502	7,49	27,9	0,61	25,8	16,2	2,3328	0,006	0,1	3,5	16,5	0,003	1,2	0,31	0,08	0,011	8	89,8
97	24	RED	Miramar 21	A	A	A	1,40	0,183	7,31	28,0															86,4
98	24	RED	Santa Teresita	A	A	A	1,20	0,165	7,43	27,8															85,6
98	24	RED	Santa Teresita	A	A	A	1,20	0,165	7,43	27,8															85,6
99	24	RED	Flor Amarillo	A	A	A	1,30	0,159	7,47	27,7															85,4
100	24	RED	San Carlos	A	A	A	1,80	0,163	7,48	27,8															85,4
101	25	RED	Miramar 21	A	A	A	2,60	0,327	7,48	26,3															78,9
102	25	RED	San Luis	A	A	A	1,50	0,199	7,43	25,6															78,6
103	25	RED	Alcaraván	A	A	A	1,70	0,226	7,45	25,9															78,8
104	25	RED	Villa del Prado	A	A	A	1,80	0,216	7,46	26,1															79,1
105	26	RED	Miramar 21	A	A	A	2,20	0,181	7,09	28,3															73,5
106	26	RED	Centro	A	A	A	1,90	0,165	7,19	28,4															73
107	26	RED	Libertadores	A	A	A	1,70	0,169	7,26	28,5															72,5
108	26	RED	Porvenir	A	A	A	1,10	0,143	7,29	28,5															72,9
109	27	RED	Miramar 21	A	A	A	2,10	0,240	7,07	29,6															65,7
110	27	RED	Cristo Rey	A	A	A	2,50	0,303	7,11	29,6															59,2
111	27	RED	Américas	A	A	A	2,20	0,246	7,19	29,6															61,2
112	27	RED	Meridiano 70	A	A	A	3,10	0,335	7,2	29,5															58,4
113	28	RED	Miramar 21	A	A	A	1,20	0,181	7,23	29,2															66,5
114	28	RED	Ciudad Jardín	A	A	A	2,10	0,252	7,24	29,4															65,2
115	28	RED	Fundadores	A	A	A	2,60	0,304	7,22	29,3															64,1
116	28	RED	Unión	A	A	A	1,40	0,175	7,23	29,3															65,3
117	29	RED	Miramar 21	A	A	A	1,20	0,154	7,35	29,3	1,03	28,9	16,2	3,086	0,001	0,01	1,9	15,5	0,003	1,2	0,1	0,12	0,006	11	72
118	29	RED	Miramar 16	A	A	A	1,00	0,140	7,38	29,3	0,93	29,2	16,5	3,086	0,001	0,01	2,5	16,1	0,001	0,7	0,05	0,11	0,005	9	71,4
119	29	RED	Flor de mi Llano	A	A	A	1,30	0,161	7,35	29,4	0,90	29,5	17,1	3,013	0,001	0,02	3,1	16,7	0,002	1,3	0,06	0,07	0,008	9	71,3
120	29	RED	Brisas del Llano	A	A	A	1,20	0,157	7,29	29,4	0,91	30,3	17,5	3,110	0,004	0,02	4,1	16,8	0,002	1,2	0,06	0,1	0,009	10	70,8
121	30	RED	Miramar 21	A	A	A	3,30	0,368	7,32	28,9	0,92	28,8	15,6	3,208	0,001	0,02	2,4	16,2	0,004	1,1	0,08	0,09	0,005	8	74,5
122	30	RED	Córdoba	A	A	A	3,80	0,401	7,36	28,9	0,84	28,2	15,1	3,183	0,001	0,02	2,1	15,8	0,002	0,8	0,11	0,07	0,008	8	73,9
123	30	RED	12 de Octubre	A	A	A	4,50	0,482	7,28	28,9	0,81	28,5	15,5	3,159	0,002	0,04	3,4	16,3	0,004	1,3	0,13	0,1	0,012	9	75,2
124	30	RED	San Carlos	A	A	A	3,70	0,395	7,33	29,1	0,73	28,9	16,1	3,110	0,001	0,03	2,8	16,7	0,003	0,9	0,09	0,08	0,007	9	74,6
125	31	RED		A	A	A																			
126	31	RED		A	A	A																			
127	31	RED		A	A	A																			

ANEXO B. Resultados *in situ* de las muestras de aguas tomadas con la UAESA.

TABLA 5. Resultados *in situ* para los análisis correspondientes a las muestras tomadas con la unidad administrativa especial de salud de Arauca (UAESA).

PARÁMETRO	MÉTODO	RESOLUCIÓN MPS 2115/2007	RESULTADOS PROMEDIOS DE LOS RECUENTOS MENSUALES			DESVIACIÓN ESTÁNDAR
			AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	
pH	POTENCIOMÉTRICO	6,5 – 9,0	7,1	7,1	7,1	7,1
CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{s}/\text{cm}$)		≤ 1000	70,85	70,74	70,23	70,61
CLORO RESIDUAL LIBRE (mg/L)	TITULOMÉTRICO	0,3–2,0	0,84	0,86	0,88	0,86
TEMPERATURA (°C)	FÍSICO	°C	28,4	28,8	28,9	28,7

- pH

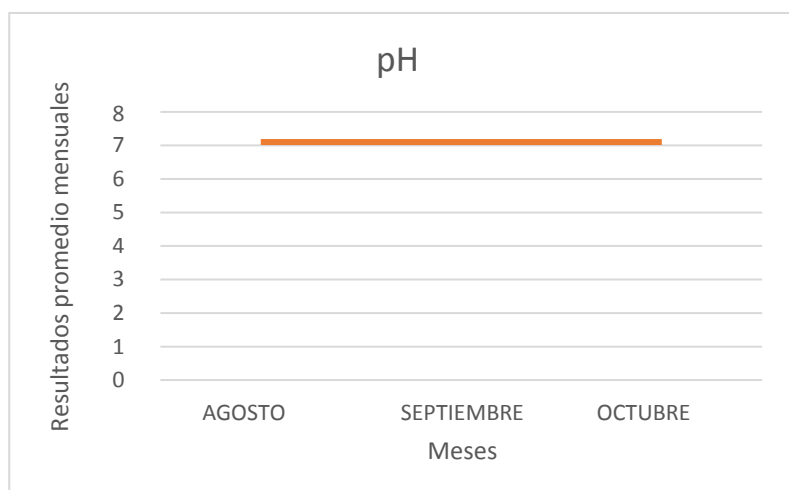


GRÁFICO 1. Valores promedio mensuales para el parámetro pH.

En lo que respecta a los valores de los resultados promedio mensuales para el parámetro de pH, de las muestras tomadas con la UAESA, se puede observar en

el gráfico 1, que no hubo gran diferencia entre estos valores. Para el mes de agosto, septiembre y octubre el valor del resultado promedio fue de 7,1 y con desviación estándar de 7,1. De acuerdo con la Resolución MPS 2115 del 2007, los rango para pH se deben encontrar entre 6,5 – 9,0, esto quiere decir que los resultados graficados se encuentran dentro de lo permitido, dando aceptabilidad para este parámetro.

• CONDUCTIVIDAD

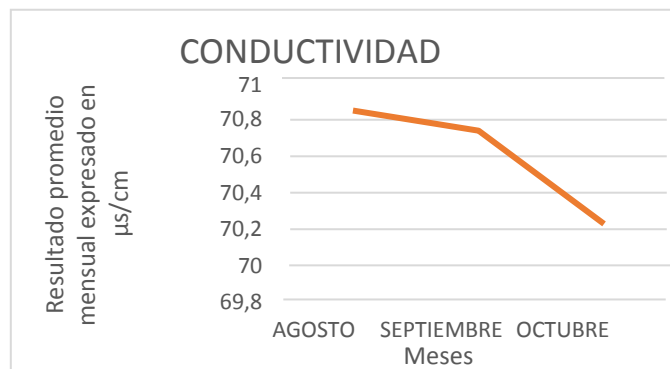


GRÁFICO 2: Valores promedio mensuales para el parámetro conductividad, expresado en $\mu\text{s/cm}$.

Los resultados promedio mensuales de CONDUCTIVIDAD se encontraron dentro de los límites establecidos por la Resolución MPS 2115 del 2007, donde fijan como límite un valor de $\leq 1000 \mu\text{s/cm}$. Observándose en el gráfico 2 un valor promedio mensual de $70,85 \mu\text{s/cm}$ – $70,74 \mu\text{s/cm}$ – $70,23 \mu\text{s/cm}$, correspondientes a los meses de agosto, septiembre y octubre, de las muestras tomadas con la UAESA, presentando una desviación estándar de $70,61 \mu\text{s/cm}$. En relación con estos resultados obtenidos se evidencia que el parámetro de CONDUCTIVIDAD es aceptable para el agua potable tratada en la planta de tratamiento.

- **COLORO RESIDUAL LIBRE**



GRÁFICO 3: Valores promedio mensuales para el parámetro cloro residual libre, expresado en mg/L.

En el gráfico 3, los valores promedios mensuales para el parámetro de CLORO RESIDUAL LIBRE, fue aumentando en céntimas a medida del paso de los meses, se debe aclarar que esto no significa una variación, ya que prácticamente no hay diferencia entre los valores promedios mensuales. Para el mes de agosto el valor del resultado promedio mensual es de 0,84 mg/L, para el mes de septiembre el valor del resultado promedio mensual es de 0,86 mg/L y por ultimo para el mes de octubre es de 0,88 mg/L, de las muestras tomadas con la UAESA, con desviación estándar de 0,86 mg/L. Según estos resultados el parámetro de CLORO RESIDUAL LIBRE es aceptable con lo dicho en la Resolución MPS 2115 del 2007, donde el valor permitido es 0,3 – 2 mg/L.

- **TEMPERATURA**

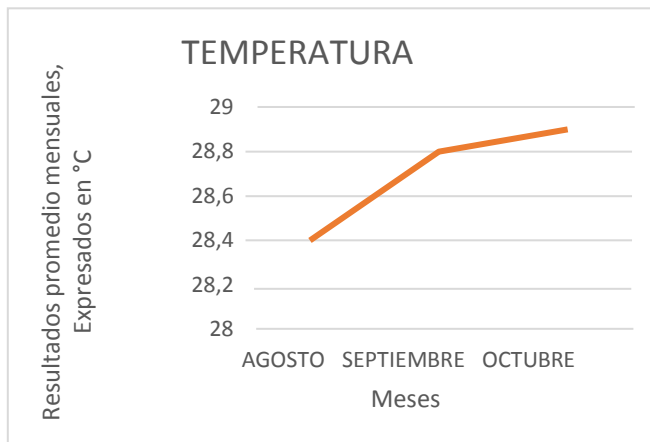


GRÁFICO 4: Valores promedio mensuales para el parámetro temperatura, expresado en °C.

En cuanto al parámetro de TEMPERATURA, se observa en el gráfico 4, que no hubo diferencia significativa en cuanto a los valores de los resultados promedios mensuales. Para el mes de agosto este valor fue de 28,4 °C, para el mes de septiembre este valor fue de 28,8 °C y por último para el mes de octubre el valor fue de 28,9 °C, de las muestras tomadas con la UAESA, con una desviación estándar de 28,7 °C. Este parámetro aún no ha sido incluido dentro de una normativa que regule los valores o rangos permitidos.

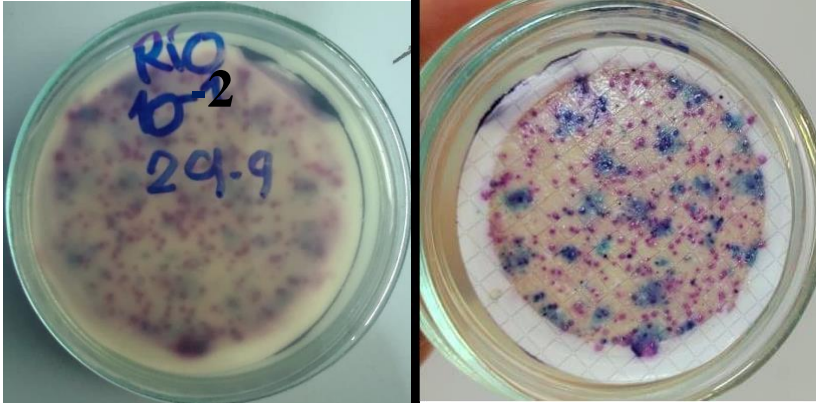
ANEXO C. Muestras tomadas en la bocatoma del río Arauca.

Se tomaron muestras de agua directamente del río Arauca, específicamente en la bocatoma que conduce el agua hacia la planta de tratamiento de agua potable. Esto hizo con el fin de evaluar las características tanto microbiológicas como fisicoquímicas.

- Resultados de las diluciones de las muestras del río Arauca.

Para esto se hizo diluciones seriadas hasta 10^{-4} , seguido de una filtración por membrana para las diferentes diluciones y así conocer un valor estimado de las UFC que podía contener el agua del río Arauca.

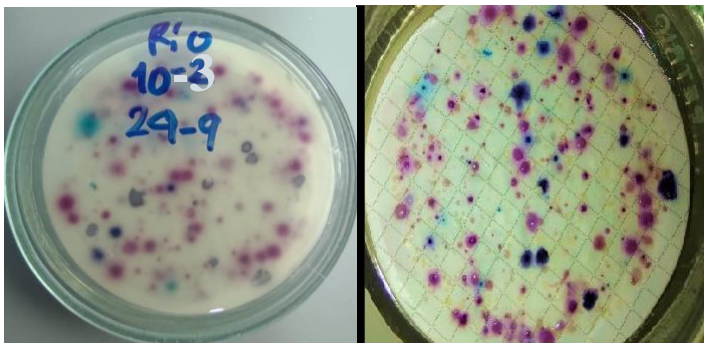
Imagen 1. Resultados del análisis de filtración por membrana en la dilución 10^{-2}



Fuente. Autora

Se observó a simple vista que la muestra de agua en la dilución 10^{-2} evidencia un valor incontable de microorganismos tanto de coliformes totales como de coliformes fecales.

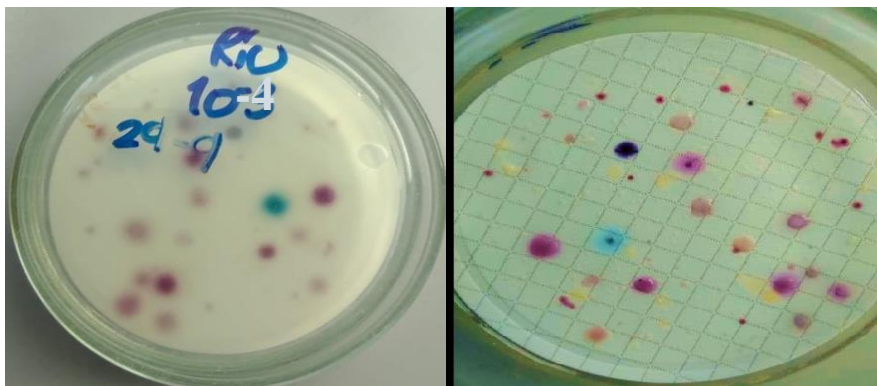
Imagen 2. Resultados del análisis de filtración por membrana en la dilución 10^{-3}



Fuente. Autora

En esta dilución se observó que la carga microbiana tanto de coliformes totales como de coliformes fecales disminuyo, pero de igual forma sigue siendo incontable para el ojo humano.

Imagen 3. Resultados del análisis de filtración por membrana en la dilución 10^{-4}



Fuente. Autora

Se visualizó una reducción significativa en la dilución 10^{-4} , donde se realizó un breve conteo de las colonias de coliformes totales como de coliformes fecales.

ANEXO D. Resultados del análisis microbiológico de las muestras tomadas de la bocatoma del río Arauca.

TABLA 6. Resultados del análisis microbiológico para la muestra de agua de la bocatoma del río Arauca

ANÁLISIS	MÉTODO	RESOLUCIÓN MPS 2115/2007	MEDIO	TEMPERATURA	RESULTADOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	
					DILUCIÓN	RESULTADOS
COLIFORMES TOTALES	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	0 UFC/100 mL	Chromocult	35 °C ± 2 °C	10-2	736 UFC/100 mL
					10-3	485 UFC/100 mL
COLIFORMES FECALES	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	0 UFC/100 mL	Chromocult	35 °C ± 2 °C	10-2	>1600 UFC/100mL
					10-3	120 UFC/100 mL
AEROBIOS MESÓFILOS	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	100UFC/100 mL	Plate count	35 °C ± 2 °C	10-2	285 UFC/100mL
					10-3	63 UFC/100 mL
					10-4	15 UFC/100 mL

FUENTE. Autora

- **COLIFORMES TOTALES**

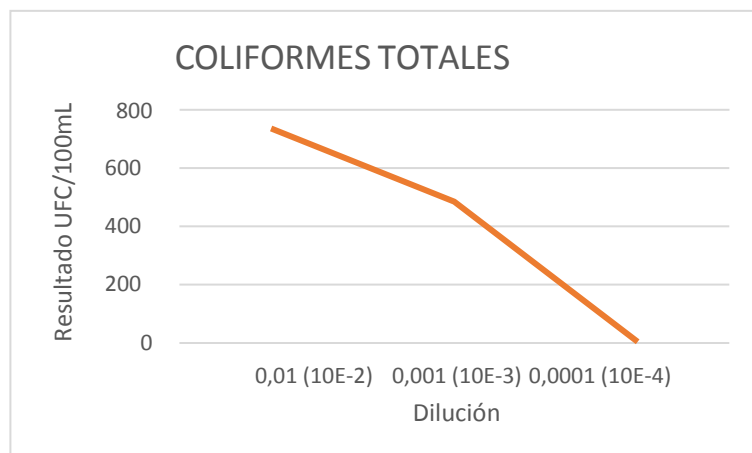


GRÁFICO 5. Resultado para el análisis de coliformes totales, expresado en UFC/100mL.

En relación al gráfico 5, para el análisis de COLIFORMES TOTALES, se evidenció la presencia de microorganismos de este grupo, dando así la no aceptabilidad para el agua del río Arauca. Para la dilución 10^{-2} el resultado fue de 736 UFC/100mL, para la dilución 10^{-3} fue de 485 UFC/100mL y para la dilución 10^{-4} fue de 4 UFC/100mL, evidenciando una disminución de UFC/100mL a medida que las diluciones eran de menor concentración.

- **COLIFORMES FECALES**

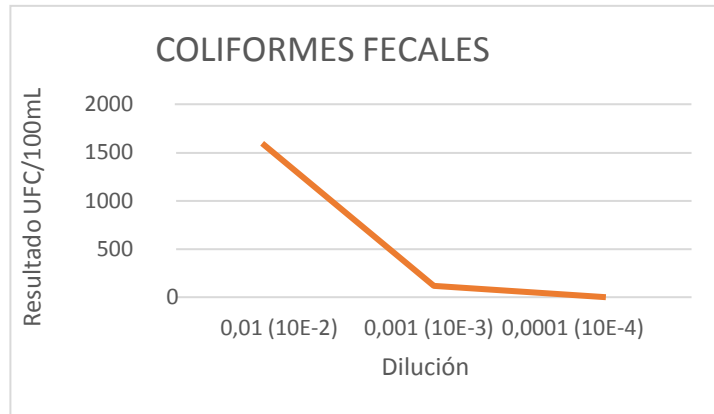


GRÁFICO 6. Resultado para el análisis de coliformes fecales, expresado en UFC/100mL.

En relación al gráfico 6, para el análisis de COLIFORMES FECALES, se evidenció la presencia de microorganismos de este grupo, dando así la no aceptabilidad para el agua del río Arauca. Para la dilución 10^{-2} el resultado fue de >1600 UFC/100mL, para la dilución 10^{-3} fue de 120 UFC/100mL y para la dilución 10^{-4} fue de 1 UFC/100mL, evidenciando una disminución de UFC/100mL a medida que las diluciones eran de menor concentración.

- **AEROBIOS MESÓFILOS**

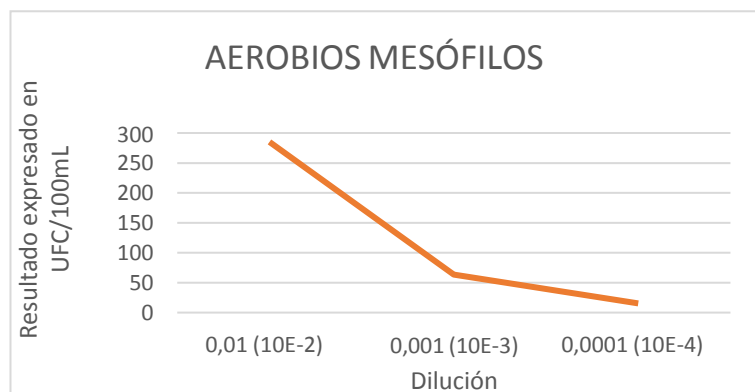


GRÁFICO 7. Resultado para el análisis de aerobios mesófilos, expresado en UFC/100mL.

En relación al gráfico 7, para el análisis de AEROBIOS MESÓFILOS, se evidenció la presencia de estos microorganismos, dando así la no aceptabilidad para el agua del río Arauca. Para la dilución 10^{-2} el resultado fue de 285 UFC/100mL, para la dilución 10^{-3} fue de 163 UFC/100mL y para la dilución 10^{-4} fue de 15 UFC/100mL, evidenciando una disminución de UFC/100mL a medida que las diluciones eran de menor concentración.

ANEXO E. Imágenes de la toma de muestras en los puntos de la red de distribución de agua potable.

Imagen 4. Toma de muestras de los puntos de red de distribución de agua



Fuente. Autora

Se observa en la imagen 4, los puntos de la red de distribución ubicados en diferentes áreas del municipio de Arauca, de allí se toma cada una de las muestras para sus posteriores análisis.

Imagen 5. Toma de muestras del tanque de red de distribución



Fuente. Autora

Se observa en la imagen 5, el punto del tanque de distribución de agua, ubicado en la planta de tratamiento del municipio de Arauca.

Se ilustró un claro ejemplo de la toma de muestras de aguas en los diferentes puntos de red de distribución. Colocando en práctica todas las medias higiénicas y sanitarias para la toma de muestras, como es la limpieza y desinfección y el uso correcto de los elementos personales.