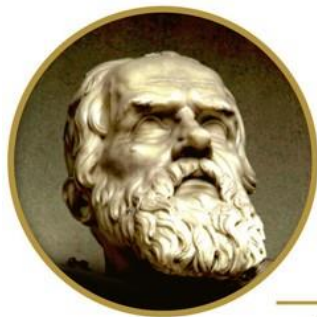


UNIVERSIDAD GALILEO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y
MICROBIOLÓGICA DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA QUE SE DISTRIBUYE EN EL MUNICIPIO DE
QUETZALTENANGO CONFORME LA NORMA COGUANOR NTG 29001**



Galileo
UNIVERSIDAD

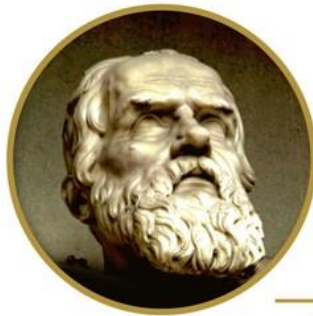
La Revolución en la Educación

**HADASA MERARI GÓMEZ MICHE
YOSELIN CLARIBEL RUIZ GRAMAJO
VICTORIA MARÍA VELÁSQUEZ BLANCO**

GUATEMALA, JULIO DEL AÑO 2024

UNIVERSIDAD GALILEO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y
MICROBIOLÓGICA DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA QUE SE DISTRIBUYE EN EL MUNICIPIO DE
QUETZALTENANGO CONFORME LA NORMA COGUANOR NTG 29001**



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

TRABAJO DE TESIS PRESENTADO A LA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:

QUÍMICO BIÓLOGO

EN EL GRADO ACADÉMICO DE:

LICENCIATURA

AUTOR(ES):

**HADASA MERARI GÓMEZ MICHE
YOSELIN CLARIBEL RUIZ GRAMAJO
VICTORIA MARÍA VELÁSQUEZ BLANCO**

GUATEMALA, JULIO DEL AÑO 2024

**MIEMBROS DEL CONSEJO
DIRECTIVO DE UNIVERSIDAD
GALILEO**

Dr. José Eduardo Suger Cofiño.
Ph.D. Rector

Dra. Mayra Roldán de Ramírez
Vicerrectora

Lic. Jean Paul Suger
Vicerrector Administrativo

Lic. Jorge Francisco Retolaza, M. Sc.
Secretario General

**MIEMBOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
FACISA GUATEMALA**

Dra. Vilma Judith Chávez de Pop
Decana

Licda. Glenda Escalante
Coordinadora Académica
Química Biológica

Dr. Rodolfo Froilán Juárez Tobías, Ph.D.
Director Sede Quetzaltenango

**JURADO NOMBRADO PARA LA DEFENSA DE TESIS
DENOMINADA:**

Determinación de la Calidad Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua que se Distribuye en el Municipio de Quetzaltenango Conforme la Norma COGUANOR NTG 29001

Dr. Rodolfo Juárez

Licda. Paola Juárez

Licda. Rocío Marroquín

Determinación de la Calidad Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua que se Distribuye en el Municipio de Quetzaltenango Conforme la Norma COGUANOR NTG 29001

Solamente el autor es responsable del contenido y validez del presente informe de investigación



Quetzaltenango, 20 de septiembre de 2024

Doctora:
Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo

Respetable Dra. Chávez:

Tengo el gusto de informarle que he realizado la revisión de trabajo de tesis titulado: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA QUE SE DISTRIBUYE EN EL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO CONFORME LA NORMA COGUANOR NTG 29001”** de las alumnas: **Hadasa Merari Gómez Miche, Yoselin Claribel Ruiz Gramajo, y Victoria María Velásquez Blanco.**

Después de realizar la revisión del trabajo he considerado que cumple con todos los requisitos técnicos solicitados, por lo tanto, las autoras y la asesora se hacen responsables del contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente,



Licda. Claudia María Galindo García
Asesor de Tesis

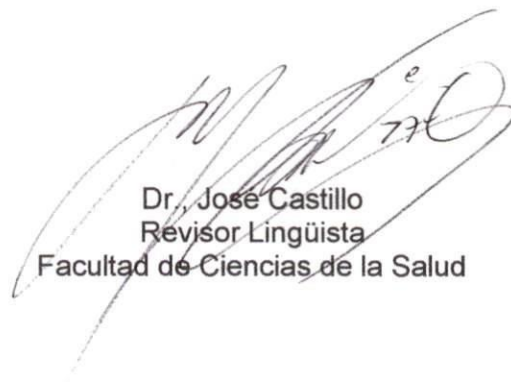
Quetzaltenango, 21 de septiembre de 2024

Doctora:
Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo

Respetable Dra. Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que las alumnas: **Hadasa Merari Gómez Miche, Yoselin Claribel Ruiz Gramajo, y Victoria María Velásquez Blanco** de la Licenciatura en Química Biológica, culminaron su informe final de tesis titulado: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA QUE SE DISTRIBUYE EN EL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO CONFORME LA NORMA COGUANOR NTG 29001”**. Ha sido objeto de revisión gramatical y estilística, por lo que pueden continuar con el trámite de graduación.

Atentamente,



Dr. José Castillo
Revisor Lingüista
Facultad de Ciencias de la Salud

Quetzaltenango 21 de octubre del 2024

Señoritas:

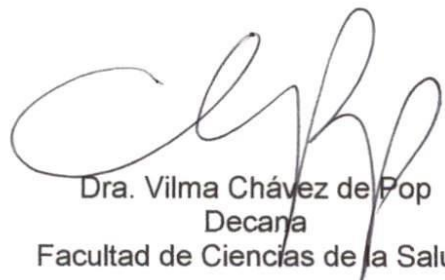
Hadasa Merari Gómez Miche
Yoselin Claribel Ruiz Gramajo
Victoria María Velásquez Blanco
Presente.

Estimadas alumnas:

Tengo el gusto de informarles que después de haber revisado su trabajo de investigación de Tesis para la **Licenciatura en Química Biológica**, cuyo título es: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA QUE SE DISTRIBUYE EN EL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO CONFORME LA NORMA COGUANOR NTG 29001”** y de haber obtenido el dictamen de su asesor específico, les autorizo la publicación del mismo.

Aprovecho la oportunidad para felicitarlas por el magnífico trabajo realizado, el cual es de indiscutible beneficio para las Ciencias de la Salud.

Atentamente,



Dra. Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por brindarnos la vida, inteligencia y la sabiduría para alcanzar nuestras metas.

A nuestros padres y familia: Por su ayuda, compañía y apoyo incondicional en esta etapa de nuestras vidas.

A la Empresa Municipal Aguas de Xelajú –EMAX-: Por proveernos los recursos y materiales necesarios para el desarrollo de la investigación.

Al Lic. Edgar Chan: Por abrirnos las puertas de la institución y habernos brindado la oportunidad de llevar a cabo nuestro proyecto.

Al Ing. Edwin Sac: Por su orientación, paciencia y conocimientos compartidos a lo largo de este estudio.

A nuestros asesores: Por su tiempo, guía y contribución a lo largo de este proyecto.

A todos aquellos que: de una u otra manera, contribuyeron a la realización de esta tesis por medio de palabras de aliento y consejos, infinitas gracias.

Índice

Introducción	1
Planteamiento del Problema	2
Justificación	4
Objetivos	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.....	6
Hipótesis	7
Hipótesis Verdadera.....	7
Hipótesis Nula.....	7
Variables	8
Alcances y Limitaciones	12
Aporte	14
Marco Teórico.....	15
El Agua	15
Tipos de Agua.....	15
Fuentes de Abastecimiento de Agua.....	17
Calidad del Agua.....	18
Parámetros para Analizar la Calidad el Agua	22
Características físicas.....	22
Características químicas.....	23
Características microbiológicas	26
Marco Legal para la Evaluación de la Calidad del Agua.....	28
Normativas Internacionales.....	28
Normativas Nacionales	30
COGUANOR NTG 29001 “Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones”.....	34
Empresa Municipal Aguas de Xelajú.....	35
Aspectos Generales Sobre el Municipio de Quetzaltenango	38
Antecedentes Históricos.....	38
Localización y extensión territorial.....	39
Clima.....	39
División Territorial Administrativa	40
Población.....	40
Agua en Quetzaltenango	40
Descripción de las Fuentes de Abastecimiento de Agua de Quetzaltenango.....	41

Demanda de agua.....	44
Metodología de Toma de Muestras.....	44
Métodos Utilizados para el Análisis de Aguas	50
Métodos Para La Determinación De Parámetros Físicos.....	50
Métodos Para La Determinación De Parámetros Químicos.....	55
Métodos Microbiológicos	60
Especificaciones de Aparatos de Laboratorio	62
Metodología	65
Resultados	66
Discusión de Resultados	109
Conclusiones	111
Bibliografía	113
Anexos	119

Introducción

El acceso al agua potable contribuye con el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de una región, constituyendo además una de las medidas más efectivas para reducir la pobreza, la desnutrición crónica, los índices de mortalidad y morbilidad infantil. En Guatemala, el acceso a este servicio básico aún enfrenta grandes retos, sobre todo en los sectores con mayor pobreza donde la falta o escasez del mismo, ocasiona serios riesgos en la seguridad alimentaria, la salud humana y el bienestar económico.

La responsabilidad de la prestación de servicios de agua potable en el país está a cargo de los gobiernos municipales; en Quetzaltenango, la Empresa Municipal de Aguas de Xelajú es quien vela por el cumplimiento de las normas y legislación de calidad vigente regidas por COGUANOR NTG 29001 que establece los parámetros que permiten asegurar que esta sea apta para consumo humano.

Según el departamento de estadística de la Empresa Municipal Aguas de Xelajú, en Quetzaltenango hay un estimado de 40,000 usuarios que se encuentran registrados para obtener el servicio de agua potable. Tomando en cuenta que cada usuario representa a una familia de alrededor de 5 personas, EMAX estaría beneficiando aproximadamente a más de 200,000 personas en el municipio de Quetzaltenango.

Es por ello que en este estudio se busca realizar una evaluación de la situación actual de la calidad física, química y microbiológica de las fuentes de abastecimiento aplicando los análisis mínimos establecidos en la norma COGUANOR NTG 29001 por medio de pruebas específicas a realizarse en la Empresa Municipal de Aguas de Xelajú -EMAX-.

Para llevar a cabo dicho estudio, se realizó una serie de muestreos de 13 nacimientos de agua ubicados en los municipios de San Juan Ostuncalco y Santa Rita, La Esperanza, así como en 29 pozos mecánicos que funcionan en las diferentes zonas de la Ciudad Altense. La metodología que se aplicó es la aprobada por la *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water* haciendo uso de equipos como espectrofotómetros, potenciómetros, turbidímetros, entre otros.

Planteamiento del Problema

El acceso al agua potable es fundamental para garantizar el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de una región, constituyendo además una de las medidas más efectivas para reducir la pobreza, la desnutrición crónica, los índices de mortalidad y morbilidad infantil. Por esta razón, tanto a nivel internacional como nacional, se han implementado distintas políticas y normativas que son ampliamente reconocidas y empleadas como base para llevar a cabo una buena gestión de potabilización y saneamiento de agua.

A nivel global, la UNESCO y la ONU han alertado en el último informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, destacando que: “2.000 millones de personas (el 26% de la población) no disponen de agua potable y 3.600 millones (el 46%) carecen de acceso a un saneamiento gestionado de forma segura” (UNESCO, 2023). El agua contaminada y el saneamiento deficiente o inapropiado representan un alto riesgo para la salud, dado que favorecen la propagación de enfermedades tales como el cólera, enfermedades diarreicas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis.

En Guatemala, el país experimenta constantemente problemas ambientales relacionados con la deforestación, la contaminación industrial y agrícola, y la falta de infraestructura adecuada para el tratamiento y distribución de agua potable.

Se considera que “Guatemala, con una población que ascendió a fines de 2019 a 17.7 millones de habitantes, presenta una cobertura nacional de los servicios de agua potable y saneamiento por debajo del promedio de América Latina. La cobertura del servicio de agua potable en Guatemala comprende al 87.32% de la población (95.04% urbano y 79.38% rural)” (BID, 2020)

Según lo establecido en el Plan Nacional de Agua y Saneamiento del Ministerio de Salud de 2015, en lo que respecta a la calidad del agua, “para el año 2014 solamente un 40% de las muestras analizadas para determinar cloro residual en agua cumplían con la normativa nacional” (OPS, 2015).

Quetzaltenango ha gozado históricamente de una abundancia de recursos hídricos. Actualmente la institución encargada de velar por la calidad del agua es la Municipalidad de Quetzaltenango, a través de la Empresa Municipal Aguas de Xelajú (EMAX). Esta entidad se encarga de administrar, distribuir y controlar el suministro de agua potable en la ciudad y sus alrededores, así como de garantizar que se cumplan los estándares de calidad establecidos para el consumo humano. A la fecha, el departamento de estadística de la Empresa Municipal Aguas de Xelajú, estima que alrededor de 40,000 usuarios se encuentran registrados para obtener el servicio de agua potable. Considerando que cada usuario representa a una familia de aproximadamente 5 personas, dicha institución estaría beneficiando alrededor a más de 200,000 personas en el municipio de Quetzaltenango.

Dicha institución realiza análisis periódicos que proporcionan información sobre la calidad del agua. Sin embargo, la información de la que se dispone es limitada y desactualizada, por lo tanto, se considera que la falta de datos precisos dificulta la formulación de políticas efectivas y la toma de decisiones informadas para abordar los desafíos relacionados con el suministro del vital líquido. Es por ello que consideramos que su evaluación y análisis constante es crucial para garantizar la salud y el bienestar de la población, así como identificar posibles fuentes de contaminación.

Por consiguiente, surge la pregunta:

¿Cuál será la situación actual física química y microbiológica de las fuentes de abastecimiento de agua del municipio de Quetzaltenango conforme a la norma COGUANOR NTG 29001?

Justificación

La evaluación del estado del agua proveniente de las 42 fuentes naturales que abastecen al municipio de Quetzaltenango, conformadas por 29 pozos y 13 nacimientos, es esencial para asegurar la salud pública y el bienestar de la población quetzalteca. Dado que el agua es un recurso indispensable para la vida, si no se encuentra en condiciones óptimas, se considera como un medio para la transmisión de enfermedades. Es por ello, que este estudio se enfoca en analizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que permitan determinar que esta sea apta para diversos usos, incluido el consumo humano.

En Quetzaltenango, la responsabilidad de evaluar la calidad del agua recae en la Empresa Municipal Aguas de Xelajú (EMAX), la cual lleva a cabo análisis físico-químicos y microbiológicos de acuerdo con normativas establecidas. Sin embargo, debido a la gran carga de trabajo que manejan, la evaluación de manantiales y pozos se limita a estudios aleatorios, lo que resulta en información incompleta. Por ende, se requiere llevar a cabo una actualización de datos que brinde detalles sobre la condición actual del agua procedente de todas las fuentes naturales, considerando los desafíos relacionados con la contaminación y la gestión de los recursos hídricos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y diferentes normativas internacionales establecen estándares de calidad del agua que deben ser cumplidos para asegurar su potabilidad, seguridad y otros usos. Entre las normas nacionales podemos mencionar la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001, que establece los análisis mínimos que deben ser evaluados y aplicados a toda agua para su potabilización.

Para poder garantizar la potabilidad y seguridad de los recursos hídricos, los análisis microbiológicos juegan un papel esencial. Este tipo de evaluación, basándose en la normativa anteriormente mencionada vigente en el país, suele enfocarse en la detección de coliformes totales y fecales, puesto que estas bacterias son indicadoras universales de posible presencia de contaminación

fecal y otros patógenos en el agua que pueden representar un importante riesgo para la salud. Sin embargo, es importante resaltar que la calidad microbiológica del agua no es el único factor que debe considerarse. Los análisis físicos y químicos también representan un papel crucial. La importancia de dichos estudios radica en su capacidad para identificar minerales como calcio, magnesio, sulfatos, cloruro, hierro y manganeso. Considerando que en concentraciones elevadas estos elementos pueden alterar las características organolépticas del agua y tener efectos negativos en la salud de quienes la consumen. Dentro de los parámetros físicos encontramos la turbidez que permite evidenciar la presencia de partículas suspendidas en donde se podrían albergar microorganismos o contaminantes. Otros factores importantes a evaluar son: la conductividad eléctrica que se considera un indicador de alta concentración de sólidos disueltos totales; el indicador de pH, el cual permite medir la acidez o alcalinidad del agua. Esto es importante ya que un pH inadecuado podría llegar a causar serios daños a las tuberías y aparatos del sistema de distribución, además de provocar problemas gastrointestinales en las personas que la ingieren.

En consecuencia, se debe destacar la importancia de realizar un monitoreo constante que incluya la combinación de análisis físicos, químicos y microbiológicos para proporcionar una visión general de la calidad del agua, permitiendo identificar tanto contaminantes biológicos como químicos, lo cual es necesario para proteger la salud pública y garantizar el cumplimiento de las normativas establecidas a nivel nacional.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes de abastecimiento de agua del municipio de Quetzaltenango conforme a la norma COGUANOR NTG 29001.

Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros físicos que presentan las fuentes de abastecimiento de agua mediante el uso de métodos electroquímicos, nefelométricos y potenciométricos.
- Establecer los parámetros químicos que presentan las fuentes de abastecimiento de agua mediante métodos de espectrofotometría y colorimetría.
- Especificar los parámetros microbiológicos que presentan las fuentes de abastecimiento de agua mediante el uso del método de filtración por membrana.
- Contribuir con la actualización e interpretación de los datos que se obtengan a través de una serie de muestreos de las fuentes de abastecimiento.
- Proponer a las autoridades encargadas las medidas que se pueden adoptar para mejorar la calidad del agua que se distribuye en el municipio de Quetzaltenango.

Hipótesis

Hipótesis Verdadera

- Las evaluaciones físicas químicas y microbiológicas de las fuentes de abastecimiento de agua del municipio de Quetzaltenango cumplen la norma COGUANOR NTG 29001.

Hipótesis Nula

- Las evaluaciones físicas químicas y microbiológicas de las fuentes de abastecimiento de agua del municipio de Quetzaltenango no cumplen la norma COGUANOR NTG 29001.

Variables

1. Características del agua

Definición conceptual

El agua, cualquiera que sea su estado, está caracterizada por ciertas propiedades que la distinguen de los demás líquidos y su calidad se determina analizando en el laboratorio varios parámetros físicos, químicos y biológicos. (Sierra, 2011)

Definición operacional

Las características del agua pueden clasificarse en físicas, químicas y microbiológicas. Éstas, se utilizan como parámetros de la calidad del agua por medio de análisis que se llevan a cabo en el laboratorio.

2. Características físicas del agua

Definición conceptual

“Las características físicas del agua son aquellas que se detectan sensorialmente o por medios analíticos de laboratorio” (COGUANOR, 2013)

Definición operacional

Son las propiedades que se pueden evaluar de manera sensorial o a través de técnicas de laboratorio, sin alterar la composición química del agua.

3. Características químicas del agua

Definición conceptual

“Son aquellas debidas a elementos o compuestos químicos orgánicos e inorgánicos” (COGUANOR, 2013)

Definición operacional

Se refieren a las propiedades que están relacionadas con la composición química del agua y su capacidad para reaccionar con otras sustancias.

4. Características microbiológicas del agua

Definición conceptual

“Son aquellas que se originan por presencia de microorganismos que determinan su calidad”

(COGUANOR, 2013)

Definición operacional

Se refieren a la presencia de microorganismos en el agua como bacterias patógenas y otros contaminantes biológicos que pongan en riesgo la seguridad y calidad del agua.

5. Evaluación física del agua

Definición conceptual

Se refiere a evaluar aquellas sustancias que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua. (Sierra, 2011)

Definición operacional

Se trata del análisis de las propiedades físicas del agua, las cuales se pueden evaluar sensorialmente o mediante análisis en un laboratorio.

6. Evaluación química del agua

Definición conceptual

De acuerdo a la Normativa Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001, la evaluación química del agua se refiere a analizar las características químicas del agua que son aquellas debidas a elementos o compuestos químicos orgánicos e inorgánicos. (COGUANOR, 2013)

Definición operacional

Se refiere a examinar las propiedades químicas del agua, las cuales son influenciadas por la presencia de elementos o compuestos químicos tanto orgánicos como inorgánicos.

7. Evaluación microbiológica del agua***Definición conceptual***

Según Sierra 2011, se refiere a evaluar microorganismos en el agua pueden ser patógenos o no patógenos.

Definición operacional

Se trata del análisis de las propiedades microbiológicas del agua, las cuales se derivan de la presencia de microorganismos que influyen en su calidad.

8. Fuentes de abastecimiento de agua***Definición conceptual***

De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud, las fuentes de agua son los lugares de origen de dicho líquido vital y pueden ser subterráneas, superficiales y pluviales. De todas estas las aguas subterráneas presentan las características apropiadas para el consumo humano, su captación se puede realizar a través de manantiales o nacimientos, galerías filtrantes y pozos excavados y tubulares. (OPS, 2009)

Definición operacional

Son los sitios de donde proviene el agua que se usa para consumo humano, de los cuales su origen generalmente es subterráneo, obteniéndose a través de pozos, nacimientos o manantiales

9. Normativa COGUANOR NTG 29001

Definición conceptual

“Esta norma establece los valores de las características que definen la calidad del agua apta para consumo humano” (COGUANOR, 2013)

Definición operacional

Esta norma estipula los requisitos obligatorios que debe cumplir cualquier agua destinada al consumo humano, ya sea proveniente de fuentes como pozos y nacimientos.

Alcances y Limitaciones

Alcances

1. *Población y Muestra:*

- **Alcance:** El estudio se centró en determinar la calidad física, química y microbiológica de las 42 fuentes de abastecimiento de agua que abastecen al municipio de Quetzaltenango. Dichas fuentes están constituidas por 29 pozos y 13 nacimientos ubicados tanto en área urbana como en área rural.

2. *Ámbito Geográfico:*

- **Alcance:** La investigación se realizó en el municipio de Quetzaltenango, lo que permitió obtener datos específicos y contextualizados en dicha área.

3. *Tiempo:*

- **Alcance:** El análisis cubrió un período de 4 meses, iniciando en el mes de abril y culminando en el mes de julio de 2024, lo cual permitió realizar una evaluación en época seca y época lluviosa.

4. *Temática:*

- **Alcance:** La tesis se enfoca en la verificar si dichas fuentes de abastecimiento cumplen con los parámetros establecidos por la normativa guatemalteca COGUANOR NTG 29001.

5. *Métodos Utilizados:*

- **Alcance:** Se emplearon fichas de recolección de datos como método de recolección de información.

Limitaciones

1. *Recursos:*

- **Limitación:** El costo elevado de los estudios, limitó la posibilidad de realizar una investigación más amplia, es decir, un mayor número de muestreos.

2. *Tiempo:*

- **Limitación:** El período de investigación se limitó a cuatro meses, lo que podría no haber sido suficiente para observar cambios explícitamente notorios a largo plazo en el fenómeno época seca-época lluviosa estudiado.

Aporte

Aportes Prácticos

Recomendaciones para la Toma de Decisiones:

A partir del análisis de esta investigación, la tesis ofrece recomendaciones concretas para realizar estudios posteriores en pro de velar por la calidad del agua que consume la población quetzalteca.

Aportes Sociales o Comunitarios

Impacto en la Comunidad:

Realizar estudios que permitan verificar que el agua proveniente de las fuentes de abastecimiento se encuentra en óptimas condiciones y libre de contaminación.

A través de la investigación, se identificaron ciertas debilidades en cuanto a toma y procesamiento de muestras de agua que fueron mejoradas y adoptadas por personal de EMAX para un mejor procesamiento de las mismas.

Marco Teórico

El Agua

De acuerdo con la Real Academia Española, el agua, en su estado puro, es un líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido. Sus moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Este líquido constituye el componente más abundante en la superficie de la tierra y el predominante de todos los seres vivos (2014).

El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo y con su fuerza formidable modela la Tierra. Posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Es un material flexible: un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos; tiene una gran capacidad calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela. Con su movimiento puede modelar el paisaje y afectar el clima. (Fernández Cirelli, 2012, p. 148)

Los océanos dan cuenta de casi el 97,5 % del agua del planeta. Únicamente un 2,5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1%. Esta baja cantidad de agua de superficie es fácilmente accesible, se encuentra principalmente en lagos (52%) y humedales (38%). (Fernández Cirelli, 2012, p. 148)

Tipos de Agua

El agua es esencial para la vida en el planeta y también para el desarrollo de sociedades. Existen diversos tipos de agua que se pueden clasificar en dos categorías principales: aguas naturales y aguas antropogénicas.

Aguas Naturales

Se clasifican como aguas naturales aquellas cuyo origen es a través del ciclo hidrológico y cuyas

propiedades no han sido modificadas por intervención humana.

Agua subterránea. Según su procedencia, “es el agua que ocupa la zona saturada del subsuelo. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos” (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2017).

Agua superficial. Según su procedencia, “es toda agua natural abierta a la atmósfera, concerniente a ríos, lagos, reservorios, charcas, corrientes, océanos, mares, estuarios y humedales. Fluye o se almacena en la superficie del terreno, y se considera de utilidad” (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2017).

Agua fósil. Según su procedencia, “es agua subterránea que ha permanecido por miles o millones de años retenida en las rocas sedimentarias desde su formación” (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2017).

Agua dulce. Según sus propiedades físico-químicas, “es agua con baja concentración de sales, o generalmente considerada adecuada para producir agua potable” (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2017).

Agua salada. Según sus propiedades físico-químicas, “es agua en la que la concentración de sales minerales es relativamente alta (35 gramos por litro). Se puede encontrar en los océanos y mares de la Tierra” (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2017).

Agua salobre. Según sus propiedades físico-químicas, “tiene más sales disueltas que el agua dulce, pero menos que el agua de mar. Puede resultar de la mezcla de agua de mar con agua dulce, como ocurre en estuarios, deltas o en algunos acuíferos fósiles” (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2017).

Agua dura. Según su dureza, “es agua que contiene cantidades relativamente grandes de sales disueltas, principalmente de calcio y magnesio” (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2017).

Agua blanda. Según su dureza, “es agua en la que se encuentran disueltas mínimas cantidades de

sales, tiene menos de 0.5 partes por mil de sal disuelta” (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2017).

Aguas Antropogénicas

Se clasifican como aguas antropogénicas aquellas aguas derivadas de la actividad humana.

Agua destilada. Según el Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental (2017) “Es agua en la que no se encuentra ninguna sal diluida, pues ha sido purificada o limpiada mediante destilación”.

Agua potable. Definida en 2023 por la Organización Mundial de la Salud como “el agua utilizada para los fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar”. Es aquella que por sus características organolépticas, físicas, químicas y bacteriológicas, no representa un riesgo para la salud del consumidor (Comisión Guatemalteca de Normas [COGUANOR 29001], 2013, p. 4).

Aguas residuales, negras o servidas. Espigares y Pérez (2003) afirman que son aquellas que luego de ser utilizadas por el humano, representan un peligro y son desechadas conteniendo diversas sustancias y microorganismos. Se pueden clasificar en residuales domésticas como lo son las contaminadas con heces, orina, aseo personal, cocina y limpieza del hogar; residuales blancas las que provienen de fuentes atmosféricas como la lluvia, nieve o hielo; las residuales industriales que son producto de procesos en fábricas con composiciones según la actividad de las miasmas; y las residuales agrícolas provenientes de actividad agrícola en zonas rurales y pueden ser aguas urbanas reutilizadas para riego, con o sin tratamiento previo (p. 2).

Fuentes de Abastecimiento de Agua

Según el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades [CDC] (2022), “Las fuentes de agua se refieren a masas de agua (como ríos, arroyos, lagos, embalses, manantiales y aguas subterráneas) que suministran agua a los suministros públicos de agua potable y a los pozos privados.”

La normativa del Comité Guatemalteco de Normas NTG 29006 (2011) define como fuente de abastecimiento de agua al “depósito o curso de agua superficial o subterránea, natural o artificial, que se utiliza o puede ser utilizada como suministro de agua” (p. 6).

Las fuentes de agua pueden incluir: agua superficial o agua subterránea.

Agua Superficial

El CDC (2022) menciona que es el agua que se acumula en el suelo o en un arroyo, río, lago, embalse u océano. Se evapora constantemente de los cuerpos de agua, se filtra a los suministros de agua subterránea y se repone con la lluvia y la nieve. Los sistemas públicos de agua potable que utilizan agua de arroyos, ríos, lagos o embalses tratan el agua antes de que llegue al grifo.

Agua Subterránea

El agua subterránea se encuentra debajo de la superficie de la tierra en espacios entre la roca y el suelo. El agua subterránea se filtra de forma natural, lo que puede eliminar algunos gérmenes y productos químicos según la profundidad del agua y la geología local del área. El agua que proviene de un pozo es agua subterránea y puede recibir algún nivel de tratamiento antes de llegar al grifo (CDC, 2022).

Ordóñez define a un pozo como un agujero, excavación o túnel vertical que perfora la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar lo que se busca, en este caso, una reserva de agua subterránea del nivel freático. Generalmente de forma cilíndrica, se suele tomar la precaución de asegurar sus paredes con ladrillo, piedra, cemento o madera, para evitar su deterioro y derrumbe (2011, p. 7).

En un informe de la Agencia Japonesa de Cooperación internacional [JICA] se detalla que las fuentes de agua de Quetzaltenango son nacimientos y aguas subterráneas. El agua de los nacimientos de colinas a 10 km al oeste de la ciudad se conduce al depósito de San Isidro ubicado en la zona urbana. El agua subterránea proviene de 29 pozos profundos municipales y algunos pozos privados, ubicados en la zona urbana (2004, p. R-1).

Calidad del Agua

La calidad del agua, según la Organización Mundial de la Salud [OMS], “se refiere a las condiciones del agua en cuanto a sus características físicas, químicas y biológicas, ya sea en su estado natural o después de haber sido modificadas por actividades humanas”.

El concepto de calidad del agua ha sido asociado principalmente al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, también se puede definir la calidad del agua en función de dichos usos. (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2016, p. 2).

La calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de substratos por los que viaje el agua, ésta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho substrato. (Hernández, 2005, p. 13)

En el caso del agua potable, la calidad se determina comparando características físicas y químicas de una muestra de agua con estándares o directrices de calidad ya estipulados. Estas normas, se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Las normas son instauradas por la institución adecuada en cada país y se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2016, p. 2).

Calidad del agua en Guatemala

Según el informe publicado en 2022 por la Fundación para la Conservación del Agua, son evidentes los signos de deterioro cualitativo y agotamiento de los recursos hídricos en Guatemala. Abordar con propiedad el conocimiento sobre la disponibilidad temporal y espacial de estos recursos como la base para la gestión del territorio es un tema urgente e impostergable, especialmente en áreas urbanas.

El impacto de la crisis de gobernanza en el país, la falta de políticas de agua actualizadas, así como una infraestructura deficiente, afecta la mejora de la cobertura y calidad de los servicios. Esto tiene un impacto en las condiciones de salud y educación, que se ve reflejado en las altas

tasas de morbilidad por enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y enfermedades diarreicas, respiratorias y cutáneas que afectan principalmente a los menores de 1 a 4 años por su alta vulnerabilidad y un sistema inmune en proceso de madurez (FUNCAGUA, 2022, p. 133).

Deterioro de la Calidad del Agua

La calidad de las aguas puede verse modificada tanto por causas naturales como por factores externos.

La calidad del agua ya sea superficial o subterránea, depende tanto de factores naturales como de factores externos como lo es la acción humana. Cuando los factores externos que deterioran la calidad natural del agua son ajenos al ciclo hidrológico, se habla de contaminación.

Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada fundamentalmente por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2016, p.2)

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial, debido al crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico. (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2016, p.1)

Deterioro hídrico en Guatemala

Monroy (2011) detalla que, en todo el país, prevalece la contaminación del agua superficial y de aguas subterráneas poco profundas. Las aguas residuales domésticas y los desechos agrícolas causan contaminación biológica en las áreas cercanas a las zonas pobladas. El tratamiento de estas aguas residuales es mínimo. Aunque existen plantas de tratamiento, muy pocas, o quizás ninguna, están en funcionamiento. Como resultado, el agua superficial está cargada de heces, particularmente en las áreas densamente pobladas, y la mayoría no es apta para

usarse en el suministro de agua. (p. 87)

En los últimos 40 años, la disponibilidad de agua superficial ha disminuido de un 60 a 70 por ciento, debido a la deforestación y al incremento de la población. Muchos ríos, inclusive los principales, están secos durante marzo y abril. (Monroy, 2011, p, 88)

La deforestación ha alterado la dinámica del ciclo hidrológico, provocando sedimentación que se transporta a través de las vías de agua, lo que reduce la cantidad de agua superficial disponible (Monroy, 2011, p. 88).

Al disminuir el suministro de agua superficial y debido a la contaminación, Monroy (2011) indica que, se confía en el agua subterránea para que proporcione más agua en el futuro. Sin embargo, muchos acuíferos poco profundos se están contaminando debido a la contaminación superficial, esto está causando la dependencia de pozos y fuentes de agua más profundas para proporcionar agua potable. (p. 88)

La contaminación de las aguas subterráneas ocurre cuando los contaminantes llegan al suelo y se puede dar por dos vías distintas: una, por el transporte de los contaminantes por las aguas de lluvia, que rápidamente se infiltran hasta alcanzar los niveles de agua subterránea; o cuando los contaminantes ya alcanzaron el acuífero, y se desplazan lateralmente (FUNCAGUA, s.f).

Los residuos sólidos procedentes de actividades domésticas, urbanas, agrícolas, ganaderas, industriales y mineras llegan a tener contacto con el suelo, en donde las materias solubles son lixiviadas por el agua de lluvia. La contaminación de los acuíferos no aparece inmediatamente, pero puede durar muchos años, aun después (Fuentes, s.f, p. 25).

Las aguas subterráneas son raramente contaminadas por bacterias patógenas, salvo en el caso de terrenos con rocas fisuradas. Los terrenos porosos (arenas, arenas arcillosas, areniscas poco cimentadas, etc.) constituyen un filtro natural tanto más eficaz cuanto más fina sea la granulometría. Las aguas que contienen estas formaciones están normalmente libres de bacterias patógenas. En cambio, las aguas contenidas en rocas fisuradas (calizas, areniscas duras) no deben

ser consumidas sin un análisis previo, ya que pueden existir caminos fáciles que llevan directamente los contaminantes hacia los acuíferos (Fuentes, s.f, p. 26).

Parámetros para Analizar la Calidad el Agua

En este trabajo, se definen los parámetros mínimos a analizar estipulados por la norma COGUANOR NTG 29001.

Características físicas

Según la norma COGUANOR NTG 29001 (2013), “son aquellas que se detectan sensorialmente o por medios analíticos de laboratorio”.

Color. El color en el agua es el resultado de la presencia de iones metálicos naturales como hierro, manganeso, cromo, y cobre, disueltos o en suspensión. También influyen ácidos húmicos, materia orgánica, plancton, algas, y desechos industriales. El color se remueve para hacer un agua adecuada para uso general y aplicaciones industriales ya que constituye un aspecto importante en términos de condiciones estéticas. (American Public Health Association [APHA], 2017, p. 2-1)

Turbiedad. La turbidez en el agua es causada por materia suspendida y coloidal como arcilla, sedimento, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos. La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que causa que la luz sea dispersada y absorbida en vez de ser transmitida sin cambio de dirección o fluctuación en la muestra. (APHA, 2017, p. 2-8)

Según la Universidad Politécnica de Cartagena, “la turbidez es un factor ambiental importante en las aguas naturales, y afecta al ecosistema ya que la actividad fotosintética depende en gran medida de la penetración de la luz”.

Las aguas turbias tienen, por supuesto, una actividad fotosintética más débil, lo que afecta a la producción de fitoplancton y también a la dinámica del sistema. La turbidez del agua interfiere con usos recreativos y el aspecto estético del agua. La turbidez constituye un obstáculo para la eficacia de los tratamientos de desinfección, y las partículas en suspensión pueden ocasionar gustos y olores desagradables por lo que el agua de consumo debe estar exenta de las

mismas. Por otra parte, la transparencia del agua es especialmente importante en el caso de aguas potables y también en el caso de industrias que producen materiales destinados al consumo humano, tales como las de alimentación, fabricación de bebidas, etc. (Gramajo, 2004, p.).

Conductividad. Es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transportar corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones; en su movilidad, concentración y valencia total; y sobre la temperatura de medición. Las soluciones de compuestos mayormente inorgánicos son relativamente buenos conductores. Por el contrario, las moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en una solución acuosa conducen la corriente deficientemente, si es que lo hacen (APHA, 2017, p. 2-44).

Temperatura. La temperatura de las aguas residuales y de masas de agua receptora es importante a causa de sus efectos sobre la solubilidad del oxígeno y, en consecuencia, sobre las velocidades en el metabolismo, difusión y reacciones químicas y bioquímicas. Influye en la solubilidad de los gases y las sales. Temperaturas elevadas implican aceleración de la putrefacción, con lo que aumenta la DBO y disminuye el oxígeno disuelto. (APHA, 2017, p. 2-60)

pH. La medición del pH es una de las pruebas más importantes y utilizadas con más frecuencia en la química del agua. Prácticamente todas las fases de suministro de agua y tratamiento de aguas residuales, por ejemplo, neutralización ácido-base, ablandamiento de agua, precipitación, coagulación, desinfección, y el control de la corrosión, dependen del pH. El pH se utiliza en mediciones de alcalinidad, mediciones de dióxido de carbono y muchas otras mediciones ácido-base. A una temperatura dada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución es indicada por el pH o actividad del ion hidrógeno. (APHA, 2017, p. 4-86)

Oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto se considera como la cantidad efectiva de oxígeno gaseoso (O₂) en el agua, expresada en términos de su presencia en el volumen de agua (miligramos de O, por litro) o de su proporción en el agua saturada (porcentaje) (Naciones Unidas, 2005).

Características químicas

Según la norma COGUANOR NTG 29001 (2013), “son aquellas debidas a elementos o compuestos químicos orgánicos e inorgánicos”

Dureza. Originalmente se entendía que la dureza del agua era una medida de la capacidad del agua para precipitar jabón. El jabón es precipitado principalmente por los iones de calcio y magnesio presentes. Otros cationes polivalentes también pueden precipitar el jabón, pero a menudo se encuentran en formas complejas, frecuentemente con constituyentes orgánicos, y su papel en la dureza del agua puede ser mínimo y difícil de definir. De conformidad con la práctica actual, la dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambas expresadas como carbonato de calcio, en miligramos por litro. (APHA, 2017, p. 2-36)

Cloro residual. Se refiere al cloro libre que queda disponible después de la desinfección del agua, es decir, después de que se han destruido o inactivado los microorganismos presentes. La cloración de los suministros de agua y de las aguas contaminadas sirve principalmente para destruir o desactivar los microorganismos que producen enfermedades. Un beneficio secundario, particularmente en el tratamiento del agua potable, es la mejora general de la calidad del agua resultante de la reacción del cloro con amoníaco, hierro, manganeso, sulfuro y algunas sustancias orgánicas. La cloración puede producir efectos adversos. Las características de sabor y olor de los fenoles y otros compuestos orgánicos presentes en el suministro de agua pueden intensificarse. (APHA, 2017, p. 4-52)

Calcio. El calcio (Ca) es el tercer elemento del grupo IIA de la tabla periódica; tiene un número atómico de 20, un peso atómico de 40,08 y una valencia de 2. La abundancia promedio de Ca en la corteza terrestre es del 4,9%; en suelos es de 0,07 a 1,7%; en los arroyos es de unos 15 mg/L; y en aguas subterráneas es de 1 a >500 mg/L. La solubilidad del carbonato de calcio está controlada por el pH y el CO₂ disuelto. La dureza se basa en la concentración de sales de calcio y magnesio y, a menudo, se utiliza como medida de la calidad del agua potable. (APHA, 2017, p. 3-63)

Junto con el magnesio, es uno de los principales responsables de la dureza del agua. Esto representa más un problema económico debido a las incrustaciones en las cañerías que un problema de

salud.

Magnesio. El magnesio (Mg) es el segundo elemento del grupo IIA de la tabla periódica; tiene un número atómico de 12, un peso atómico de 24,30 y una valencia de 2. La abundancia promedio de Mg en la corteza terrestre es del 2,1%; en suelos es de 0,03 a 0,84%; en los arroyos es de 4 mg/L y en las aguas subterráneas es >5 mg/L. La especie acuosa común es Mg^{2+} . Las sales de magnesio, que contribuyen de manera importante a la dureza del agua, se descomponen cuando se calientan, formando incrustaciones en los sedimentos. El ablandamiento químico, la ósmosis inversa o el intercambio iónico reducen el magnesio y la dureza asociada a niveles aceptables. Algunas sales de magnesio son tóxicas por ingestión o inhalación. Las concentraciones superiores a 125 mg/L también pueden tener un efecto catártico y diurético. (APHA, 2017, p. 3-82)

Sulfatos. El sulfato (SO_4^{2-}) está ampliamente distribuido en la naturaleza y puede estar presente en aguas naturales en concentraciones que van desde unos pocos hasta varios miles de miligramos por litro. El radical sulfato tiene importancia cuando va asociado a aguas muy mineralizadas ya que produce un efecto laxante. (APHA, 2017, p. 4-176)

Nitratos. El nitrato es un químico que se encuentra en la mayoría de los fertilizantes, estiércol, y residuos líquidos que se liberan de los tanques sépticos. Las bacterias naturales del suelo pueden convertir nitrógeno al nitrato. La lluvia o agua de irrigación puede llevar el nitrato a través del suelo hasta las aguas subterráneas. Su agua potable puede contener nitrato si su pozo saca agua de tales aguas subterráneas. El nitrato es un contaminante que puede ocasionar enfermedades agudas, lo que significa que una sola exposición puede afectar a la salud de alguien (Washington State Department of Health, 2016).

Según los métodos estándar para la examinación de aguas y aguas residuales “El nitrato generalmente se encuentra en pequeñas cantidades en el agua superficial, pero puede alcanzar niveles elevados en algunas aguas subterráneas. El nitrato se encuentra sólo en pequeñas cantidades en las aguas residuales domésticas frescas” (2017, p. 4-100).

Cloruros. El cloruro, en forma de ion cloruro (Cl^-), es uno de los principales aniones inorgánicos en el agua y las aguas residuales. El sabor salado producido por las concentraciones de cloruro es variable

y depende de la composición química del agua. La concentración de cloruro es mayor en las aguas residuales que en el agua cruda porque el cloruro de sodio (NaCl) es un artículo común en la dieta y pasa sin cambios a través del sistema digestivo. A lo largo de la costa del mar, el cloruro puede estar presente en altas concentraciones debido a la fuga de agua salada al sistema de alcantarillado. También puede aumentar mediante procesos industriales. Un alto contenido de cloruro puede dañar las tuberías y estructuras metálicas, así como las plantas en crecimiento. (APHA, 2017, p. 4-66)

Manganeso. El manganeso (Mn) es el primer elemento del grupo VIIB de la tabla periódica; tiene un número atómico de 25, un peso atómico de 54,94 y valencias comunes de 2, 4 y 7. La abundancia promedio de Mn en la corteza terrestre es de 1060 ppm; en suelos es de 61 a 1010 ppm; en los arroyos es de 7 mg/L y en las aguas subterráneas es <0,1 mg/L. El manganeso está asociado con minerales de hierro y se encuentra en nódulos en el océano, aguas dulces y suelos. Por lo tanto, los niveles elevados de manganeso pueden provocar manchas en la plomería, la lavandería y los utensilios de cocina. Se considera un oligoelemento esencial para los utensilios de cocina. (APHA, 2017, p. 3-83)

Hierro. El hierro (Fe) es el primer elemento del Grupo VIII de la tabla periódica; tiene un número atómico de 26, un peso atómico de 55,85 y valencias comunes de 2 y 3. La abundancia promedio de Fe en la corteza terrestre es del 6,22%; en suelos el Fe oscila entre 0,5 y 4,3%; en los arroyos tiene un promedio de aproximadamente 0,7 mg/L; y en aguas subterráneas es de 0,1 a 10 mg/L. Los niveles elevados de hierro en el agua pueden causar manchas en la plomería, la ropa y los utensilios de cocina, y pueden impartir sabores y olores desagradables a los alimentos. (APHA, 2017, 3-75)

Nitritos. El nitrito es un estado de oxidación intermedio del nitrógeno, tanto en la oxidación del amoníaco a nitrato como en la reducción de nitrato. Dicha oxidación y reducción puede ocurrir en plantas de tratamiento de aguas residuales, sistemas de distribución de agua y aguas naturales. El nitrito puede ingresar a un sistema de suministro de agua mediante su uso como inhibidor de la corrosión en el agua de procesos industriales. (APHA, 2017, p. 4-100)

Características microbiológicas

Según la norma COGUANOR NTG 2900 (2013), “son aquellas que se originan por presencia de microorganismos que determinan su calidad”. Para esta norma, los parámetros microbiológicos mínimos a analizar son los coliformes totales y *Escherichia coli* ya que se utilizan como indicadores de contaminación fecal.

Escherichia coli. Es una bacteria perteneciente al grupo coliforme que fermenta la lactosa a $44.5 \cdot C \pm 0.2 \cdot C$ con producción de ácido y gas en 48 h. Es el indicador de contaminación fecal más preciso debido a que su único hábitat es el intestino de animales de sangre caliente por lo que se ha utilizado como indicador biológico de contaminación fecal (Acuerdo Gubernativo No. 510-2005, artículo 3.2).

Grupo coliforme total. Son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a $35^{\circ}C \pm 0.5^{\circ}C$ en un período de 24 h - 48 h. Para el caso de la determinación del grupo coliforme total empleando el método de membrana de filtración, se definirá como todos los microorganismos que desarrollen una colonia rojiza con brillo metálico dorado en un medio tipo endo (u otro medio de cultivo reconocido internacionalmente) después de una incubación de 24 a $35^{\circ}C$ (COGUANOR, 2013).

Grupo coliforme fecal. Son las bacterias que forman parte del grupo coliforme total, que fermentan la lactosa con producción de gas a $44^{\circ}C \pm 0.2^{\circ}C$ en un período de $24 h \pm 2 h$ cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. En el método de filtración en membrana se utiliza un medio de lactosa enriquecido y una temperatura de incubación de $44.5^{\circ}C \pm 0.2^{\circ}C$ en un período de $24 h \pm 2 h$. Al grupo coliforme fecal también se le designa como termotolerante o termorresistente (COGUANOR, 2013).

Cabe mencionar que además de los microorganismos mencionados, en el agua se pueden encontrar numerosas especies de bacterias, algunas de las cuales pueden ser patógenas y se especifican a continuación:

Bacterias propias del agua. “Son frecuentes las de género *Pseudomonas*, *Serratia*,

Flavobacterium y Achromobacterium, en general dan coloración al agua como, por ejemplo, rojo, amarillo anaranjado, violeta, etc.” (Orellana, 2005, p. 4).

Bacterias del suelo. “Son arrastradas por el agua de lluvia a los cursos superficiales en gran mayoría son aerobias, pertenecientes al género Bacillus y otras que tienen un papel preponderante en la oxidación de materia orgánica y sales minerales” (Orellana, 2005, p.4).

Bacterias intestinales. “Los organismos más comunes que se encuentran en el tracto intestinal son de los géneros Clostridium, Estreptococos, Salmonella, Espirilos, Bacteriófagos, Coliformes, Shigella y también merecen citarse las Vibrio cholerae y la Leptospira” (Orellana, 2005, p.4).

Marco Legal para la Evaluación de la Calidad del Agua

Normativas Internacionales

Organización de las Naciones Unidas

El 28 de julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas mediante Resolución No. 64/292 adoptó una resolución histórica que reconoce "el derecho al agua potable y al saneamiento como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos" (Asamblea General ONU, 2010, pág. 2).

Guías para la calidad del agua de consumo humano

Las "Guías para la calidad del agua de consumo humano" propuestas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) tienen como objetivo principal garantizar que el agua destinada al consumo humano sea segura y adecuada para beber. Estas guías proporcionan un marco de referencia para establecer estándares y regulaciones que aseguren la protección de la salud pública.

“Las Guías proporcionan las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para gestionar el riesgo de los peligros que pueden comprometer la seguridad del agua de consumo humano“ (OMS, 2017, pág. 1).

Los objetivos generales de las Guías son:

Proporcionar una base autorizada para la consideración efectiva de la salud pública en el

establecimiento de políticas y acciones nacionales o regionales de agua potable;

Ofrecer un marco integral de gestión preventiva del riesgo para proteger la salud desde la cuenca hasta el consumidor, que abarque la formulación de políticas y el establecimiento de normas, los enfoques de gestión basados en el riesgo y la vigilancia;

Enfatizar las prácticas viables y la formulación de normas sólidas, aplicables tanto en los países de ingresos bajos como en los de ingresos medios e industrializados;

Resumir las consecuencias para la salud relacionadas con los contaminantes en el agua potable y el papel de la evaluación del riesgo y la gestión del riesgo en la prevención y el control de enfermedades;

Sintetizar opciones efectivas para la gestión del agua potable, y

Brindar orientación sobre la identificación de peligros y la evaluación de riesgos. (OMS, 2017, pág. XVIII).

Es importante mencionar que la OMS reconoce que las normas aplicadas al agua de consumo humano pueden ser diferentes en cada país y región dependiendo de las condiciones a las que deban enfrentarse, por lo que se puede decir que no existe un único método que deba aplicarse de manera universal. (OMS, 2017, pág. 3) Por lo que se entiende que esta guía sirve como base para fortalecer las leyes vigentes y los proyectos relativos al agua en cada gobierno local.

Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater, APHA, en su última edición.

APHA (2017). Esta obra creada por la Asociación Americana de Salud Pública, y la Federación de Ambientes Acuáticos, su primera edición fue publicada en 1905. Proporciona métodos estandarizados que permiten que los resultados de los análisis de agua y aguas residuales sean consistentes y comparables en todo el mundo. Los métodos incluidos han sido rigurosamente revisados y validados por expertos en la materia, garantizando que los resultados obtenidos sean precisos y confiables.

Se centra en proporcionar normas detalladas sobre los métodos que se deben utilizar para la determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, además incluye una serie de

directrices relacionadas con las prácticas de control de calidad tales como las especificaciones generales para el manejo y procesamiento de muestras (APHA, 2017).

De acuerdo a lo establecido por el MSPAS en el “Manual de especificaciones para la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano” (MSPAS, 2013, pág. 4), en Guatemala mientras las normas COGUANOR no sean actualizadas, se aplicarán los métodos normalizados establecidos por la Asociación Americana de Salud Pública, la Asociación Americana de Obras de Agua y la Federación de Ambientes Acuáticos en *Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater, APHA*, en su última edición.

(ISO 19458:2006) “Calidad del agua, Muestreo para el análisis microbiológico”

Esta norma internacional “proporciona directrices generales referidas a la planificación de programas de muestreo de agua, a los procedimientos de muestreo a aplicar para el análisis microbiológico y sobre el transporte, manipulación y conservación de las muestras hasta el inicio del análisis” (Organización Internacional de Normalización, 2006).

(ISO 5667-1) Calidad del Agua.

La Asociación Española de Normalización, UNE-EN ISO 5667-1 “enuncia los principios e indica las directrices generales para el diseño de los programas y de las técnicas de muestreo del agua, incluyendo las aguas residuales, lodos, efluentes, sólidos en suspensión y sedimentos” (*Normalización Española, 2023*).

Normativas Nacionales

En Guatemala, las directrices que sientan las bases para el control y monitoreo del agua para consumo humano están establecidas por leyes, acuerdos gubernativos y ministeriales, así como por la

norma COGUANOR NTG 29001.

Constitución Política de República de Guatemala

La Constitución política de la República de Guatemala (1985), en el artículo 253 establece que corresponde a las Municipalidades atender los servicios públicos locales, entre los que se encuentra el servicio de agua potable.

Además, se establece que el agua es un bien público, cuyo aprovechamiento, uso y goce se otorgara de acuerdo a las necesidades de la población.

Artículo 127.- Régimen de aguas. Todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles. Su aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social. Una ley específica regulará esta materia (Constitución política de la República de Guatemala, 1985).

El Código Municipal, Decreto N° 12-2002

El Código Municipal, Decreto N° 12-2002, y su Reforma, Decreto N° 56-2002, ambos del Congreso de la República (2002), también manifiestan claramente en su Capítulo 1 del Título V, al referirse a las competencias municipales, que éstas deben proveer abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada y servicio de alcantarillado.

Código de Salud, Decreto No. 90-97

El Código de Salud, Decreto No. 90-97 del Congreso de la República, en su capítulo IV, sección II, establece que le compete al Estado, a través del MSPAS, en coordinación con las instituciones del Sector y municipalidades, velar por la protección, conservación, aprovechamiento y uso racional del agua potable y sus fuentes de abastecimiento.

Artículo 78.- Acceso y cobertura universal. El Estado, a través del Ministerio de Salud, en coordinación con el Instituto de Fomento Municipal y otras instituciones del sector, impulsará una política prioritaria y de necesidad pública, que garantice el acceso y cobertura universal de la población a los servicios de agua potable, con énfasis en la gestión de las propias comunidades,

para garantizar el manejo sostenible del recurso.

Artículo 79.- Obligatoriedad de las municipalidades. Es obligación de las municipalidades abastecer de agua potable a las comunidades situadas dentro de su jurisdicción territorial, conforme lo establece el Código Municipal y las necesidades de la población, en el contexto de las políticas de Estado en esta materia y consignadas en la presente ley.

Artículo 80. Protección de las fuentes de agua. Las Municipalidades del país están obligadas como principales prestatarias del servicio de agua potable, a proteger y conservar las fuentes de agua y apoyar y colaborar con las políticas del Sector, para el logro de la cobertura universal dentro de su jurisdicción territorial, en términos de cantidad y calidad del servicio.

Artículo 86. Normas. El Ministerio de Salud establecerá las normas vinculadas a la administración, construcción y mantenimiento de los servicios de agua potable para consumo humano, vigilando en coordinación con las Municipalidades y la comunidad organizada, la calidad del servicio y del agua de todos los abastos para uso humano, sean estos públicos o privados. (Congreso de la República de Guatemala, 1997).

Acuerdo Ministerial SP-M-278-2004

Propuesto por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social se crea el Programa Nacional de Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. El cual “debe entenderse como el marco de referencia que establece las prioridades, estrategias y objetivos para lograr que toda la población guatemalteca cuente con acceso a servicios adecuados de agua y saneamiento”. (MSPAS, 2024)

Acuerdo Gubernativo No. 510-2005

“Esta norma tiene por objeto establecer el método para la determinación de coliformes totales y *Escherichia coli* en agua por el procedimiento de sustrato enzimático” (Acuerdo Gubernativo No. 510-2005, artículo 3.2).

Acuerdo Gubernativo 113-2009 “Reglamento de normas sanitarias para la administración, construcción, operación y mantenimiento de los servicios de abastecimiento de agua para consumo humano”.

Acuerdo creado por el Organismo ejecutivo en el año 2009 (Colom, A. 2009), **donde se establece** en su Capítulo II, las normas sanitarias que deben satisfacer todos los servicios de abastecimiento de agua para consumo humano, haciendo referencia específicamente a los análisis que obligatoriamente deben realizarse al agua de las fuentes que sean para consumo humano. Además, en el artículo 15 del Capítulo IV, se establece la Norma Guatemalteca Obligatoria de Especificaciones COGUANOR NTG 29001 como la base para la vigilancia y control de la calidad del agua.

Acuerdo Gubernativo 178-2009 “Reglamento para la Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Proyectos de abastecimiento”.

“Tiene como objeto establecer los criterios técnicos y administrativos aplicables al proceso de certificación de la calidad del agua para consumo humano en proyectos de abastecimiento” (MSPAS, 2009).

Acuerdo Ministerial 523-2013 “Manual de especificaciones para la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano”.

“tiene como objeto establecer las especificaciones técnicas que se deben aplicar, para la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano en la República de Guatemala” (MSPAS, 2013). Donde para efectos de la vigilancia y control de la calidad del agua, se establece como norma de referencia la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 “Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones”. Por lo que la interpretación de la norma se debe realizar conforme a lo dispuesto en dicho Manual.

COGUANOR NTG 29006 “Agua para consumo humano (agua potable). Recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras. Generalidades”.

“Esta norma establece los procedimientos de recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras de agua, desde su fuente hasta su ingreso al laboratorio, para el análisis de los parámetros descritos en la norma COGUANOR NTG 29001. Agua para consumo humano (*potable*). Especificaciones”, (COGUANOR, 2011)

COGUANOR NTG 29001 “Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones”.

“Esta norma establece los valores de las características que definen la calidad del agua apta para consumo humano.” (Comisión Guatemalteca de Normas, 2013, pág. 4). Su finalidad es asegurar que el agua consumida por la población cumpla con estándares de seguridad y calidad. Especifica los límites máximos aceptables y los límites máximos permisibles, para diversos compuestos químicos, características sensoriales y parámetros bacteriológicos. También define las concentraciones necesarias de cloro para desinfección y los métodos de análisis bacteriológicos recomendados.

Límite Máximo Aceptable (LMA). “Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual estas características son percibidas por los consumidores desde el punto de vista sensorial, sin que implique un daño a la salud del consumidor”. (COGUANOR, 2013).

Límite Máximo Permisible (LMP). “Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua no es adecuada para consumo humano” (COGUANOR, 2013).

“Esta norma se aplica a toda agua para consumo humano, destinada para alimentación y uso doméstico, que provenga de fuentes como: pozos, nacimientos, ríos, etc.” (Comisión Guatemalteca de Normas, 2013, pág. 4)

En dicha normativa se establece dos etapas de control:

1. Programa de Análisis Mínimo:

- **Análisis microbiológico:** coliformes totales y Escherichia coli.
- **Análisis fisicoquímico:** color, turbiedad, pH, conductividad, cloro residual libre, cloruros, dureza total, sulfatos, calcio, magnesio, nitratos, nitritos, hierro y manganeso total.

2. Programa de Análisis Complementario:

- Incluye el programa de análisis mínimo y se amplía con la determinación de: aluminio, cobre, arsénico, cadmio, cromo total, mercurio total, plomo, selenio, zinc, sólidos totales disueltos y sustancias orgánicas (plaguicidas) (p.5)

Reglamento de prestación del servicio público de agua potable en el municipio de Quetzaltenango, departamento de Quetzaltenango. Empresa municipal “Aguas de Xelajú”

Este reglamento en su Artículo 1 establece que “La Empresa Municipal “Aguas de Xelajú” es la encargada de administrar el servicio público de agua potable en todo el municipio de Quetzaltenango y de observancia general para sus vecinos en la aplicación del presente Reglamento” (EMAX 2017, p. 10).

Empresa Municipal Aguas de Xelajú

La Empresa Municipal Aguas de Xelajú (EMAX) es el ente encargado de administrar el servicio público de agua del Municipio de Quetzaltenango.

Su fin es velar por el bienestar de la población del Municipio de Quetzaltenango, basado en el bien común. Proponiéndose la prestación del servicio público municipal del agua potable, de forma sustentable, continua, segura, eficiente, cobrando tarifas equitativas y justas; la coordinación y asesoría del servicio de alcantarillado y disposición de desechos sólidos. Su misión es satisfacer la demanda de agua potable, así como atender con eficiencia, prontitud, cortesía y honestidad a la población de Quetzaltenango y su visión ser una empresa autosuficiente

desde el punto de vista financiero, operando un sistema centralizado de distribución que cumpla con las normas de calidad COGUANOR en un 100% del volumen de agua distribuido, asimismo lograr satisfacer la demanda de la población sobre la cobertura de la red. (EMAX, 2024)

Laboratorio Químico y Microbiológico de EMAX

Este laboratorio surgió con la necesidad de mejorar y garantizar la calidad física, química y microbiológica del agua que abastece al municipio de Quetzaltenango.

El laboratorio fue donado por la ciudad de Torino Italia, y fue inaugurado el 15 de mayo del año 2,000, implementándose el Laboratorio Químico Microbiológico, mismo que se organizó con la colaboración de los personeros: Dra. Rita Binnetti y Dr. Cuatzo encargados de la empresa de aguas de Torino conjuntamente con los miembros de la empresa municipal de aguas de esta ciudad. (González, 2009)

El laboratorio de EMAX es el encargado del almacenamiento de los distintos resultados, informes, monitoreo y evaluación del control de calidad de los diferentes puntos de muestreo.

Actualmente el laboratorio está a cargo del ingeniero Químico, Edwin Ottoniel Sac Escobar.

Localización e Infraestructura

Ubicación del Laboratorio.

El laboratorio se encuentra situado en el interior del edificio principal de Empresa Municipal Aguas de Xelajú, ubicado en la 14 Avenida, Zona 3 de Quetzaltenango.

Equipo y mobiliario con el que cuenta.

Equipo e instrumentos para Análisis Físico-Químico.

- Espectrofotómetro DR 5000

- Espectrofotómetro DR 3900
- Multiparámetro HQ Series (pH/DO/Conductivity)
- Reactivos para determinación de parámetros químicos
- Turbidímetro HACH 2100Q
- PHmetro de sobremesa
- Bloque de reactor digital DRB 200.
- Cristalería:
 - Pipetas serológicas (0.5, 1, 5 y 10ml)
 - Beakers (50, 100 y 500ml)
 - Probetas
 - Embudos
 - Frascos de vidrio para recolección de muestra

Equipo e instrumentos para Análisis Microbiológico:

- Sistema de filtración por membrana
- Incubadoras Firlabo BCR120
- Microscopio óptico
- Refrigerador marca IGNIS
- Campana de flujo laminar
- Mechero de gas
- Placa calefactora con agitador magnético Bibby HB502
- Balanza digital Pioneer (en uso)
- Balanza Analítica OHAUS
- Autoclave tipo olla eléctrica
- Pinzas

- Cajas petri 47 mm estériles

Aspectos Generales Sobre el Municipio de Quetzaltenango

Antecedentes Históricos

Quetzaltenango, también conocido como Xela, es uno de los municipios más emblemáticos de Guatemala, con una rica historia que se remonta a tiempos precolombinos.

“La denominación de Xelajú deriva de las voces K'iche's: Xe, prefijo que significa debajo de, y La Lajuj, que significa diez, seguramente en relación a las diez elevaciones orográficas que rodeen el Valle” (Gutiérrez, 2017, p 34).

Gutiérrez, R. (2017) En su libro titulado “Quetzaltenango, historia de su Historia” narra que durante la conquista, esta región fue escenario de uno de los acontecimientos más memorables. El 15 de mayo de 1524, Pedro de Alvarado, decidió establecer un nuevo asentamiento, en el lugar donde hoy se encuentra la Villa de Salcajá, fue fundado con el nombre náhuatl de Quetzaltenango, que significa "en las murallas del Quetzal". Cuatro años después de esta fundación inicial, se tomó la decisión de trasladar el pueblo a su ubicación actual. Este cambio fue documentado por el cronista Francisco Vázquez, quien detalló los eventos y razones que llevaron a esta reubicación. La nueva ubicación permitió un mejor desarrollo del asentamiento y su consolidación como uno de los centros más importantes de la región. Quetzaltenango fue elevada a Ciudad según Decreto 69 de la Asamblea el 29 de octubre de 1825 (Pág. 35).

Sac, E. (2005), menciona que, con la constitución de la República Federal en 1824, se creó el Estado de los Altos en 1826, el cual fue formalmente establecido el 14 de agosto de 1838 mediante un decreto de la Asamblea Federal durante la presidencia de Francisco Morazán. Posteriormente, el 16 de septiembre de 1845, fue designada como cabecera departamental de Quetzaltenango (Pág. 1).

Localización y extensión territorial

Manchineli, M. (2014). El municipio de Quetzaltenango se encuentra localizado en la región central-este del departamento de Quetzaltenango, este municipio se encuentra a 208 kilómetros de distancia de la ciudad capital de Guatemala. Existen cuatro principales vías de acceso al municipio: la carretera Centroamericana CA-1, en el kilómetro 185 de la Ruta Nacional 1; la carretera Internacional del Pacífico CA-2, hasta el kilómetro 170; y la carretera CITO 180, con una distancia de 220 kilómetros. Las coordenadas de su cabecera municipal son 14° 50' 16" de latitud y 91° 31' 3" de longitud. Con una extensión territorial de 120 km², ocupa el sexto lugar entre los 24 municipios que conforman el departamento de Quetzaltenango. (p.2)

El municipio de Quetzaltenango es la cabecera del departamento del mismo nombre, se encuentra situado en la parte Este del departamento, en la Región VI o Región Sur –Occidental.

De acuerdo al Consejo Departamental de Desarrollo (2023), el municipio de Quetzaltenango limita al norte con los municipios de Olintepeque, La Esperanza (Quetzaltenango) y San Andrés Xecul (Totonicapán); al sur con: Zunil y El Palmar; al este con: Zunil, Salcajá y Almolonga; y al oeste con los municipios de: Concepción Chiquirichapa y San Mateo.

“Cuenta con una extensión territorial de 120 Km² que significa el 6.2% del área departamental y 0.11% del país, se encuentra a una altura de 2,333 m sobre el nivel del mar y dista 203 Km. De la ciudad capital de Guatemala” (Sac, 2005)

Clima

El municipio de Quetzaltenango se caracteriza por presentar un clima frío, esto debido a su elevación (2,333 Mt s. sobre el nivel del mar), “presenta temperaturas que oscilan entre 6 y 22° C.,

habiéndose observado valores de temperatura mínima hasta de -7.2°C .; la temperatura media anual es de 12°C . La humedad relativa es del orden del 75%” (Sac, 2005).

División Territorial Administrativa

El municipio de Quetzaltenango tiene una extensión territorial de 120 Km², está conformado por la Cabecera Municipal, aldeas y cantones. Cabe señalar que desde 1994 a la fecha ha tenido cambios en las categorías de cada centro poblado.

De acuerdo con el plan de Ordenamiento territorial del municipio de Quetzaltenango (2019), en el Título II, Capítulo I, “División Territorial y Sistema Vial”, el territorio del municipio se divide de la manera siguiente:

- **Aldeas:** Dos Aldeas; Las Majadas y Chiquilajá
- **Cantones:** Veintiún cantones;
 - **En suelo rural:** Chichigüitán, Chicué, Xetuj, Tierra Colorada Baja, Tierra Colorada Alta, Xecaracoj, Candelaria, Chuicaracoj, Xepache, Llanos del Pinal, Chuicavioc, Chitux.
 - **En suelo urbano:** Las Tapias, Pacaja Alto, Pacaja Bajo, Chitay, Chuilajú, Choqui Alto, Choqui Bajo, San José la Viña, Llanos de la Cruz. c. Paraje: un paraje; Bella Vista
- **Zonas Municipales:** Doce zonas urbanas (Pág. 16).

Población

En el año 2018 la población censada del Municipio de Quetzaltenango fue de 189,514 habitantes y según estimaciones del Instituto Nacional de Estadística (2020), para el año 2024 se proyectó una población total de 211,118 habitantes, de estos el 47.11% corresponden a hombres y el 52.89% a mujeres.

Agua en Quetzaltenango

El Municipio de Quetzaltenango obtiene su suministro de aguas tanto de nacimientos como de aguas subterráneas. De acuerdo a los registros con los que cuenta EMAX, el agua que proviene de los

nacimientos inició a funcionar a partir del año 1905, siendo estos la única fuente de abastecimiento del área urbana.

Queme, R. (2002). En 1996, la Agencia Austriaca de Cooperación Internacional (IIZ) y la Municipalidad de Quetzaltenango firmaron un acuerdo para mejorar la situación del agua en el municipio. Se importaron recursos técnicos y económicos para realizar estudios preliminares y establecer un nuevo departamento de aguas. En 1997, se creó el departamento de aguas Xelagua Rural tras un estudio hidrogeológico en el área rural y el departamento Xelagua Urbana tras un estudio de pérdidas y cargas en el área urbana. Con los departamentos establecidos, se elaboró el Plan director de Agua, integrando diversos sectores y entidades colaboradoras. Desde entonces, se priorizó la mejora y optimización de los pozos existentes y la red de abastecimiento. Finalmente, se creó la Empresa Municipal de Aguas de Xelagua (EMAX), que sustituyó a los departamentos de Xelagua Rural y Urbana, mejorando la eficiencia del sistema de aguas.

En la actualidad, hay 13 manantiales en operación, los cuales aportan el 22.87% del total de agua para el municipio. El restante 77.13% del agua potable proviene de 29 pozos mecánicos (EMAX, 2021).

Ver tabla. 1

Descripción de las Fuentes de Abastecimiento de Agua de Quetzaltenango

Nacimientos

El agua para el suministro de la Ciudad de Quetzaltenango es captada de nacimientos de las colinas 10 Km al oeste de la ciudad y conducida al depósito San Isidro, ubicado en la zona urbana a través de un conducto. El agua subterránea proviene de pozos profundos perforados dentro del perímetro urbana, distribuyéndose a través de una red de antigua construcción.

En un estudio realizado en el 2017, por el Ministerio de Economía en relación al tanque de almacenamiento de los nacimientos, se menciona lo siguiente:

El Sistema San Isidro, se abastece de los manantiales, Molino Viejo, localizado en el municipio

de San Juan Ostuncalco y Santa Rita, localizado en el municipio de la Esperanza. El caudal del primer nacimiento es conducido a través de tubería de asbesto, cemento de 18” de diámetro hasta la entrada de un túnel a donde también llega el caudal de Santa Rita a través de tubería de hierro fundido de 18” de diámetro, ya reunidos estos caudales, son conducidos hacia el depósito San Isidro por medio de una tubería de 18”, asbesto cemento, colocada en el interior del túnel” (p. 22)

“El depósito San Isidro tiene forma cilíndrica con un volumen de almacenamiento de 2, 560 m³ y dimensiones de 24.3 metros de diámetro y 7 metros de altura (altura útil 6.4 metros),” (Sac, 2005).

El sistema San Isidro es el de mayo cobertura dentro de la Ciudad de Quetzaltenango, su área de influencia abarca parcialmente las zonas 1, 2, 3, 6, 7, 8, y 10

Pozos

Edwin Sac, Ingeniero a cargo del laboratorio de EMAX refiere que:

El municipio de Quetzaltenango cuenta con 29 pozos que están bajo el cuidado de la Empresa Municipal de Aguas de Xelajú (EMAX), de estos, 25 se encuentran localizados en zonas urbanas y 4 en zonas rurales. Menciona, además, que 2 pertenecen a comités de agua (Cipresada y Choqui Bajo).

De acuerdo a datos técnicos proporcionados por la jefatura de operación y mantenimiento sobre la producción de pozos mecánicos y nacimientos de agua municipales administrados por EMAX, (2024), La producción de los pozos varía entre 36.24 y 626.20 Gls/min. Los diámetros de los tubos de revestimiento fluctúan entre 6 y 10 pulgadas, siendo el de 8 pulgadas el más común, representando el 82%. La profundidad de los pozos oscila entre 31 y 46 metros en el centro urbano, con menor altitud, y alcanza hasta 259 metros en las zonas marginales del oeste del área urbana, que presentan mayor altitud, con una profundidad promedio de 128 metros. El nivel estático de las aguas subterráneas se sitúa entre 2310 y 2325 metros sobre el nivel del mar. Aunque la profundidad de los pozos varía, el promedio es de aproximadamente 2200 metros sobre el nivel del mar. Ver tabla No. 1

No	NOMBRE DEL POZO	UBICACIÓN	PROF PERFORADA (Pies)	DIÁMETRO CAMISA (Plg)	DIÁMETRO TUBERIA IMPULSION (Plg)	PROF. INSTALADO EQUIPO	MOTOR (HP)	NIVEL DEL AGUA		PRODUCCION (Gls/min)	HORAS BOMBEO DIARIO	VOLUMEN		
								ESTATICO (Pies)	DINAMICO (Pies)			M3 / Día	%	
ZONA MEDIA														
1	Zona 8	39 Avenida "C" 1-50 Zona 8 Xelajú RL	850.00	10	6	400	75	320	338	626.20	24	3,408.53		
2	Zoológico	Parque Zoológico Minerva Zona 3	600.00	8	5	275	50	176	180	482.30	24	2,625.26		
3	Colonia el Paraiso	5ª Calle y Avenida Las Américas Zona 1	220.00	8	5	180	50	161	163	472.10	24	2,569.73		
4	Pacaja	8ª Calle y Avenida Las Américas Zona 10	600.00	8	4	340	60	161	167	551.20	24	3,000.29		
5	Av. Las Américas	Diagonal 11 "B" y Avenida Las América Zona 1	500.00	8	5	300	60	150	158	315.20	24	1,715.70		
6	La Cipresada	9ª Calle y 37 Avenida "B" Zona 8	600.00	8	5	350	50	246	288	427.90	24	2,329.15		
7	Zona Media	7ª Avenida y 4a Calle zona 9	700.00	8	4	660	60	367	373	393.00	24	2,139.18		
8	Los Almendros	Avenida "Las Américas" y 1 Calle "A" Zona 1	800.00	8	6	640	75	321	345	591.20	24	3,218.02		
9	Benito Juárez	3ª Calle y 16 Avenida Zona 3, Parque Benito Juárez	310.00	8	4	240	25	115	223	293.00	22	1,461.95		
TOTAL ZONA MEDIA											22,467.81	44.3		
ZONA BAJA														
1	Democracia	35 Avenida y Calle "A" Zona 8, Colonia La Democracia	455.00	8	3	300	50	216	234	404.23	20	1,833.59		
2	San Isidro	1ª Calle y 37 Avenida Zona 8	615.00	8	4	280	30	241	247	302.23	20	1,370.92		
3	Chirries 1	Avenida Jesús Castillo y 10ª Calle Zona 2	250.00	8	4	80	10	10.49	12.46	236.91	24	1,289.55		
4	Nacimientos (10)	Aldea Agua Tibia, San Juan Ostuncalco								2128.00	24	11,583.13		
5	Nacimientos (03)	Aldea Santa Rita, La Esperanza												
TOTAL ZONA BAJA											16,077.18	31.75%		
ZONA SALIDA A ALMOLONGA														
1	Cenizal I	3ª Avenida y Avenida El Cenizal Zona 4	400.00	8	4	300	60	116	161	403.00	13	1,188.21		
2	Cenizal II	4ª Avenida y Avenida El Cenizal Zona 4	450.00	8	4	320	40	117	162	272.00	16	987.03		
TOTAL SALIDA ALMOLONGA											2,175.24	4.30%		
SISTEMAS INDIVIDUALES														
1	CEFEMERQ	CEFEMERQ ZONA 6	700.00	6	3	220	30	178	179	196.70	16	713.78	1.41%	
2	Zona 6	0 Avenida y 9ª Calle Zona 6	600.00	10	6	320	60	191	208	544.10	18	2,221.23	4.39%	
3	Salida San Marcos	4ª Calle y 4ª Avenida Zona 1, La Esperanza	600.00	8	4	540	15	420	468	80.20	24	436.54	0.86%	
4	Floresta (zona 9)	1ª Calle "A" y 7ª Avenida Zona 9	600.00	8	4	340	60	260	274	263.50	24	1,434.28	2.83%	
5	Rotonda	7ª Avenida y Diagonal 2 Zona 5	460.00	8	4	265	40	21	25	273.20	19	1,177.27	2.32%	
6	Las Rosas	7ª Avenida Zona 5, Paso a desnivel Las Rosas	300.00	8	4	200	30	22	28	294.20	18	1,201.04	2.37%	
9	Zona 7	8a Calle entre 24 y 23 Avenida Zona 7	121.30	8	4	360	20	223	256	221.90	14	704.58	1.39%	
10	Xeul Alto	Final Diagonal 3 Zona 5	560.00	8	3		40	245	257	167.68	6.0	228.18	0.45%	
11	Choqui bajo	Choqui Bajo	200.00	8	3	100	15	55	75	165.32	12	449.93	0.89%	
AREA RURAL SISTEMAS INDIVIDUALES														
1	Tierra Colorada Baja	Cantón Tierra Colorada Baja	560.00	6	4	280	25	236	240	242.51	6	330.01	0.65%	
2	Llano del Pinal	Cantón Llano del Pinal	700.00	8	4	509	30	289	294	104.00	15	353.81	0.70%	
3	Chucavioc	Cantón Chucavioc	740.00	8	3	616	40	314	317	105.00	20	476.28	0.94%	
4	Chitux	Cantón Chitux	660.00	8	2	520	20	451	498	36.24	24	197.26	0.39%	
TOTAL											50,644.44	100.00 %		

Tabla 1. Datos técnicos sobre la producción de pozos mecánicos y nacimientos de agua administrados por la Empresa Municipal Aguas de Xelajú –EMAX- en el municipio de Quetzaltenango.

Demanda de agua

De acuerdo a la Empresa Municipal Aguas de Xelajú (2024), En la actualidad hay 40,000 usuarios registrados. Cada día, los habitantes de la Ciudad de Quetzaltenango consumen 48.5 millones de litros de agua. De la producción actual de las fuentes municipales, 50.644.44 m³ /día, los nacimientos representan un 22.87% y los pozos, un 77.13%. El sistema del servicio de agua cubre un 80 por ciento de la población urbana.

Metodología de Toma de Muestras

En la normativa COGUANOR NTG 29006 (2011), se define muestreo como “la acción que consiste en extraer una porción considerada como representativa de una masa de agua con el propósito de examinar diversas características definidas”.

Se especifica también, en COGUANOR NTG 29006 (2011) que una muestra es una “porción, idealmente representativa, recolectada de una masa de agua definida, ya sea intermitente o continuamente, con el fin de examinar varias características específicas”.

Especificaciones Generales

El objetivo del muestreo es recolectar una pequeña porción del material, suficiente en volumen para ser transportada convenientemente y lo suficientemente grande para propósitos analíticos, de manera que represente exactamente el material del cual fue obtenida. Este objetivo implica que las proporciones relativas o concentraciones de todos los componentes pertinentes, deberán ser las mismas en las muestras como en el material de donde provienen y que la muestra debe ser manipulada de tal manera que no ocurran cambios significativos en su composición antes de su análisis (COGUANOR NTG 29006 2011).

Se describe en APHA (2017) que la muestra obtenida debe cumplir los requisitos del muestreo de manera que no se deteriore ni se contamine o comprometa antes de ser analizada. También es crucial asegurarse que todo el equipo de muestreo esté limpio y con calidad garantizada antes de su uso (p. 1-27).

Es importante realizar un registro de cada muestra recolectada e identificar cada recipiente con un

número de muestra único, preferiblemente adjuntando una etiqueta. Como se referencia en APHA (2017), esta etiqueta debe incluir la fecha, el número único de identificación de la muestra, el nombre del recolector de la muestra, la fecha, hora, ubicación exacta y si es posible el tipo de muestra (por ejemplo, aleatoria o compuesta). Cualquier otro dato que pueda ser necesario para la correlación como la temperatura, condición climática, nivel del agua, flujo de corriente y condiciones posteriores a la recolección (p. 1-28).

Si la información anteriormente mencionada no cabe en una etiqueta, se debe tener un libro o cuaderno de registro de muestras en el sitio de muestreo en donde se pueda registrar todo en el momento de la recolección.

Tipo de Muestra

Las muestras especificadas por COGUANOR (2011) son de tipo puntual (simple) y se definen como “muestras únicas que se toman en un punto y lugar específico, en un período corto de tiempo (generalmente segundos o minutos)” (p.7).

Estas muestras representan una instantánea en tiempo y espacio del área de muestreo y se deben tomar en un lugar, profundidad y tiempo determinado. Las muestras puntuales tomadas a profundidad se deben tomar en una parte o en toda la columna de agua, en un lugar y tiempo seleccionado en un cuerpo de agua (COGUANOR NTG 29006, 2011, p.7).

Una muestra de agua representa la composición de su fuente en el momento y lugar de recolección. Si la composición varía con el tiempo, se deben tomar muestras puntuales en intervalos adecuados para documentar estas variaciones, considerando la frecuencia esperada de cambios. Las fuentes naturales pueden requerir muestreos durante varios meses debido a variaciones estacionales. Es necesario tomar todas las precauciones para obtener una muestra representativa y preferentemente analizar ciertos parámetros inmediatamente después de la recolección, como oxígeno disuelto, cloro residual, sulfuro soluble, temperatura y pH, ya que cambios en estos parámetros pueden afectar otros componentes inorgánicos como hierro y manganeso (COGUANOR NTG 29006, 2011, p.7).

Los ríos, arroyos, lagos y embalses están sujetos a variaciones considerables de las causas

normales (por ejemplo, estratificación estacional, variaciones diurnas, precipitaciones, escorrentía y viento). Elegir la ubicación, profundidad y frecuencia del muestreo dependiendo de las condiciones locales y el propósito de la investigación (APHA, 2017, p. 1-28).

Recipientes para Muestras

Los recipientes normalmente están hechos de plástico o vidrio y a veces uno es preferible que el otro. Algunos analitos de la muestra pueden disolverse y absorberse en las paredes de los recipientes de plástico, de igual manera, los contaminantes de los recipientes de plástico pueden transferirse a la muestra. Se deben evitar los plásticos siempre que sea posible debido a la contaminación potencial de los ésteres de ftalato (APHA, 2017, p. 1-31).

Volumen de la Muestra

COGUANOR NTG 29006 (2011) establece que para la mayoría de los análisis físicos y químicos se recolecta 1L de muestra. Puede ser necesario mayor volumen de muestra para ciertas determinaciones. No se debe utilizar muestras de un mismo recipiente para diferentes tipos de análisis (por ejemplo, orgánicos, inorgánicos, radiológicos, bacteriológicos y microscópicos), ya que los métodos de recolección y el manejo son diferentes para cada tipo de análisis. Se debe recolectar el volumen de muestra suficiente en el recipiente adecuado para cumplir con los requisitos de manejo, almacenamiento y conservación de muestras (p.8).

Equipos de Muestreo

Se establece en la normativa COGUANOR NTG 29006 (2011) que “todos los equipos de muestreo deben estar limpios, libres de contaminantes y con calidad garantizada” (p.11).

Preservación y Transporte de la Muestra

Para minimizar el potencial de volatilización o biodegradación entre el tiempo de muestreo y el análisis, las muestras se deben mantener lo más frías posibles sin llegar al punto de congelarse. Preferiblemente empacar las muestras con baterías de hielo, hielo triturado o sustitutos comerciales del hielo antes del envío. No utilizar hielo seco ya que puede congelar las muestras y causar que los recipientes se quiebren, además de alterar el pH de las muestras (APHA, 2017, p. 1-35).

No existe ningún método de preservación que sea totalmente satisfactorio. El preservante debe elegirse en función de los análisis a realizar. Solo deben utilizarse preservantes químicos cuando se haya demostrado que no van a afectar el análisis. En caso de que se utilicen, deberán añadirse al envase antes de poner la muestra, de manera que todas las partes de ésta entren en contacto con el preservante en el momento en que sea recolectada. Un método de preservación útil para un análisis determinado puede ser inadecuado para otros, por lo que a veces es necesario recolectar varias veces y conservarlas por separado para someterlas a análisis múltiples. Cuando se analizan muestras con materias en suspensión es inadecuado utilizar métodos de preservación (APHA, 2017, p. 1-35)

Diseño del Muestreo

Los puntos de muestreo deben establecerse por medio de una descripción detallada del plan de muestreo, por medio de mapas, o con la ayuda de estacas, boyas o marcas terrestres de manera que permitan ser identificados por otras personas. También pueden utilizarse sistemas de posición global GPS, que proveen información exacta de la posición de muestreo. La selección del número y distribución de los sitios de los cuales se deben recolectar las muestras depende de los objetivos del estudio, características de la corriente, disponibilidad del equipo y otros factores (COGUANOR NTG 29006, 2011, p.12).

Recolección de Muestras

Antes de recolectar muestras de un sistema de distribución, se debe dejar fluir el agua de tres a cinco veces el volumen de la tubería (o hasta que el agua sea extraída de la fuente principal) para asegurar que la muestra es representativa del distribuidor. Se debe tomar en cuenta el volumen de la tubería y la velocidad del flujo. Si no se conoce el volumen del sistema de distribución, se debe dejar fluir el agua con el chorro totalmente abierto por al menos dos o tres minutos antes del muestreo. Excepciones a esta guía pueden darse cuando se toma la primera muestra en áreas de caudal reducido o restringido y cuando se recolectan muestras para determinación de plomo en agua potable (COGUANOR NTG 29006, 2011, p.12).

Entrega, Recepción y Registro de la Muestra

Las muestras se deben llevar al laboratorio tan pronto como sea posible después de ser recolectadas. Si se requieren tiempos de manejo de muestras más cortos, como para realizar análisis microbiológicos, se deben tomar las medidas necesarias para asegurar una entrega oportuna al laboratorio. En el laboratorio, la persona responsable inspecciona la condición de la muestra y verifica la información de la etiqueta para luego ingresar la muestra en los registros de la bitácora de operación del laboratorio. Seguidamente se almacena la muestra en un lugar seguro a la temperatura especificada hasta su análisis (COGUANOR NTG 29006, 2011, p.14).

Consultar con el laboratorio que analizará la muestra para determinar cuánto tiempo puede transcurrir entre la recolección de la muestra y el análisis; esto depende del tipo de muestra y de la estabilidad de los analitos a procesar. Los cambios causados por el crecimiento de microorganismos se retardan en gran medida manteniendo la muestra a baja temperatura. Cuando el intervalo entre la recolección de la muestra y el análisis sea lo suficientemente largo como para producir cambios en la concentración o el estado físico del constituyente que se va a medir, se pueden seguir prácticas de preservación como el uso de conservantes (APHA, 2017, p.1-35).

Descarte de Muestras

La normativa COGUANOR NTG 29006 en su publicación de 2011 detalla que las muestras deben mantenerse en el laboratorio durante el tiempo prescrito por el protocolo de análisis del laboratorio o hasta que los resultados hayan sido revisados y aceptados. Se debe documentar el descarte de las muestras y asegurar que cumpla con las regulaciones locales (p.14).

Toma De Muestra Para El Análisis Físico, Químico Y Microbiológico

Según especifica el Laboratorio Nacional de Salud de Guatemala [LNS] (2015), para tomar una muestra de agua en un pozo o depósito, se necesita un frasco de vidrio estéril con un volumen mínimo de 300 ml. Si la muestra es de un río, lago o mar, el volumen mínimo necesario será de 500 ml. Toda muestra, debe ir rotulada con el lugar, responsable de la toma, hora, fecha y nombre del lugar que solicita el estudio. Seguidamente se debe conservar en cadena de frío a una temperatura entre 2°C y 8°C en

hielera con baterías o hielo hasta llegar a su lugar de análisis en donde, de no ser analizada en 24 horas, se refrigerará a una temperatura entre 2°C y 8°C (p.72).

Técnica para recolección de muestra de Agua de grifo según lo establecido por el LNS (2015):

- Retirar cualquier objeto adherido al grifo que pueda causar salpicaduras y limpiar la boca de salida con una tela limpia o un pedazo de algodón.
- Abrir el grifo hasta su flujo máximo y dejar correr el agua durante 1 a 2 minutos.
- Esterilizar el grifo (si es de metal) durante un minuto con una llama de algodón empapado en alcohol; si es de plástico, limpiarlo solo con alcohol.
- Abrir el grifo cuidadosamente y dejar correr el agua a flujo medio durante 1-2 minutos antes de tomar la muestra.
- Utilizar un frasco de vidrio esterilizado, llenarlo hasta tres cuartas partes dejando espacio entre el agua y la tapa, y cerrarlo inmediatamente, asegurándose de obtener al menos 500 ml.

Técnica para recolección de muestra de agua de pozo o depósito según lo establecido por el LNS (2015):

- Tomar el frasco y asegurarlo de manera correcta a un contrapeso.
- Abrir el frasco y hacerlo descender desenrollando lentamente el cordón o cuerda al que está atado; el contrapeso tirará del frasco hacia abajo.
- Sumergir completamente y llegar hasta el fondo para un correcto llenado. Quien tome la muestra debe asegurarse que el recipiente no toque los lados del pozo.
- Al llenarse el frasco, se enrolla la cuerda y se eleva cuidadosamente hacia la superficie. Si este estuviera completamente lleno, deseche parte del agua para crear un espacio de aire.
- Por último, se coloca la tapa o tapadera del frasco.

Técnica para recolección de muestra de agua de río, lago o mar según lo establecido por el LNS (2015):

- Quitar la tapadera del frasco y tomar la muestra lo más lejos posible de la orilla.

- Antes de tomar la muestra lavar 3 veces el frasco enjuagando con la misma.
- Sujetar el frasco en posición invertida sumergiéndolo completamente y dándole vuelta en sentido contrario a la corriente, si el frasco estuviera completamente lleno, descartar parte del agua creando un espacio de aire.
- Tapar inmediatamente y guardar en cadena de frío.

Métodos Utilizados para el Análisis de Aguas

Métodos Para La Determinación De Parámetros Físicos

Turbidimetría

La turbidez es definida por la Organización Internacional de Normalización (2016), “como la reducción de la transparencia de un líquido causada por la presencia de partículas no disueltas de material distinto al propio líquido”.

González, A. et al. (2013), Menciona que siendo “un indicador de apariencia óptica, ocasionado por la dispersión y absorción de la energía lumínica a través del líquido, la turbidez solo puede ser medida usando técnicas ópticas”.

Por lo que se recurre a técnicas como la turbidimetría la cual “se fundamenta en la relación de la intensidad de la luz incidente y de la luz dispersada por el medio, mediante la ley de Lambert-Beer, en la que la turbidez es proporcional a la concentración de partículas” (González, A. et al. 2013).

Es importante señalar que la unidad de medición estándar para la turbidez es la Unidad Nefelométrica de Turbidez (UNT)

Principio de medición de turbidez. HACH (2024), La medición de turbidez utiliza un haz de luz con características específicas para determinar de manera semicuantitativa la presencia de partículas en el agua u otro fluido. Este haz de luz, conocido como haz de luz incidente, se dispersa debido a las partículas presentes en la muestra. La luz dispersada es detectada y cuantificada en relación con un patrón de calibración rastreado. A mayor cantidad de partículas en la muestra, mayor será la dispersión del haz de

luz incidente, resultando en una turbidez más alta.

Fuente de luz. “Existen varios tipos de emisores o fuentes de luz, como los termoluminiscentes (bombillas), electroluminiscentes (LED y láseres) y los basados en plasma (halógenos)”, (González, A. et al. 2013).

Detectores. “En los turbidímetros el haz de luz resultante de la interacción entre la luz incidente y la muestra será detectado por el fotodetector y como resultado, la señal electrónica producida se procesa y se convierte entonces en un valor de turbidez”, (González, A. et al. 2013).

Procedimiento aplicado en el laboratorio de EMAX. Dentro del laboratorio de EMAX para la evaluación de turbidez en agua, se hace uso del turbidímetro portátil 2100Q, de la marca HACH. Según lo especificado en el manual de usuario de fabricante se debe seguir el siguiente procedimiento, (HACH, 2024)

1. Llenar una cubeta de muestra hasta donde indica la línea (aproximadamente 15 ml).
Asegurándose de manipular la cubeta por su parte superior.
2. Tapar la cubeta.
3. Limpiar la cubeta con un paño suave, sin pelusas, para eliminar las gotas de agua y huellas de dedos.
4. Colocar el instrumento sobre una superficie plana y resistente.
5. Encender el medidor.
6. Invertir la cubeta con la muestra suavemente y luego insertarla en el compartimento de la cubeta de manera que el diamante o marca de orientación quede alineada con la marca de orientación en relieve en el frente del compartimento de la cubeta.
7. Colocar la tapa.
8. Pulsar Medición.
9. El resultado se mostrará y se guardará automáticamente en NTU.

Electroquímica

La electroquímica "es la parte de la química que trata del uso de las reacciones químicas para producir electricidad y el uso de la electricidad para producir cambios químicos. Es decir, estudia la conversión entre la energía eléctrica y la energía química"(Vera, 2007).

"La relación entre la energía eléctrica y la materia se da como consecuencia del intercambio de electrones que ocurre en las reacciones de oxidación-reducción o redox, como se les llama comúnmente" (Telleria, 2021). En dichas reacciones, un elemento pierde electrones o se "oxida", mientras que la otra sustancia gana electrones o se "reduce", generando una transferencia de electrones de una sustancia a otra.

Vera. (2007). Destaca que: en la mayoría de las aplicaciones, el sistema reaccionante está contenido en una celda electroquímica. Las celdas electroquímicas se clasifican en: celdas electrolíticas las cuales requieren energía eléctrica externa para que ocurra una reacción química; y celdas galvánicas o voltaicas en las cuales la energía que se libera de una reacción redox puede ser utilizada para realizar un trabajo eléctrico.

Independientemente del tipo de celda (electrolítica o galvánica) los electrodos se identifican de la manera siguiente:

- El cátodo, es el electrodo en el que tiene lugar la reducción.
- El ánodo, es el electrodo en el que tiene lugar la oxidación

Los métodos electroquímicos son esenciales para los análisis rutinarios en un laboratorio de control de calidad de agua. Estas técnicas nos permiten medir con gran precisión y exactitud parámetros de calidad habituales como el pH, la conductividad y la concentración de oxígeno disuelto.

Procedimiento aplicado en el laboratorio de EMAX. Dentro del laboratorio de EMAX para la evaluación de pH, Oxígeno Disuelto y Conductividad Eléctrica en agua, se hace uso del Multímetro portátil HQ4300, de la marca HACH.

Determinación de pH. El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de protones en una solución acuosa. "Para determinar esa concentración de protones se utiliza un electrodo

especial de vidrio polarizable sensible al pH, es decir, que no se verá afectada por cualquier ion de carga positiva, por el contrario, sólo responderá a la presencia de protones en su superficie" (Telleria, 2021).

Telleria N. (2021). Refiere que el principio de la electroquímica para la valoración del potencial de Hidrogeno (pH) en agua es el siguiente:

Cuando el electrodo de vidrio entra en contacto con la solución acuosa, los protones migran hacia la superficie de la membrana de vidrio especial, desplazando a los iones sodio que se encuentran en la superficie del material. Este movimiento de iones genera un potencial en el electrodo. La diferencia del potencial en el electrodo de vidrio con respecto al potencial en el electrodo de referencia, se relaciona con el pH a través de la ecuación de Nernst. El medidor entonces, mediante cálculos matemáticos, convierte el voltaje medido por la celda electroquímica en un valor de pH que nosotros vemos reflejado en la pantalla.

Para la determinación de pH en el Multímetro portátil HQ4300 es necesario contar con el electrodo PHC201.

Procedimiento de medición del electrodo de pH recargable para laboratorio de calidad del agua PHC201, según instructivo de fabricante, (HACH, 2024).

1. Verter la muestra en un vaso de precipitado.
2. Enjuagar la sonda con agua desionizada.
3. Secar la sonda con un paño sin pelusa.
4. Poner la sonda en la muestra con el sensor y la unión de referencia completamente en la muestra.
5. No colocar la sonda en el fondo o los lados del vaso de precipitados.
6. Agitar la sonda de lado a lado para refrescar la unión de referencia y eliminar las burbujas de aire.
7. Revolver suavemente
8. Leer el valor de pH de la muestra.

Determinación de oxígeno disuelto. "El oxígeno disuelto se considera como la cantidad efectiva de oxígeno gaseoso (O₂) en el agua, expresada en términos de su presencia en el volumen de agua (miligramos de O, por litro)" (Naciones Unidas, 2005). Su medida es clave en la detección de contaminación de aguas naturales.

El uso del método electroquímico para la determinación de oxígeno disuelto, " consiste en una celda donde el electrodo indicador está recubierto por una membrana de plástico permeable al oxígeno, el cual se reduce mientras difunde y pasa a través del cátodo. Como consecuencia, el ánodo se oxida generando un flujo de electrones (corriente eléctrica) que es proporcional a la concentración de oxígeno disuelto en la muestra (Telleria, 2021).

El medidor entonces detecta esta diferencia de potencial y la convierte en unidades de concentración de oxígeno, normalmente en g/L o porcentaje (%).

Para la determinación de Oxígeno Disuelto en el Multímetro portátil HQ4300 es necesario contar con el electrodo LDO101.

Procedimiento de medición del luminiscente de laboratorio LDO101, según instructivo de usuario del fabricante (HACH, 2018).

1. Enjuagar la sonda con agua desionizada.
2. Secar la sonda con un paño sin pelusa.
3. Poner la sonda en la muestra a una distancia de aproximadamente 25 mm (1 pulgada) o más. No coloque la sonda el fondo o los lados del recipiente.
4. Revolver la muestra dejar a un ritmo moderado o poner la sonda en condiciones de flujo.
5. Agitar la sonda de lado a lado para eliminar las burbujas de aire. Revuelva suavemente.
6. leer el valor de oxígeno disuelto de la muestra.

Rango de medición 0.1 a 20.0 mg/L (ppm); 1 a 200% de saturación

Determinación de conductividad eléctrica. “Es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transportar corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones; en su movilidad, concentración y valencia total; y sobre la temperatura de medición” (APHA, 2017, p. 2-44).

Para medir la conductividad se utiliza un sistema donde se aplica una corriente alterna entre dos electrodos sumergidos en la solución que se desea estudiar y se mide la resistencia de la solución. El equipo convierte entonces el valor de resistencia medido en conductividad y es lo que refleja en la pantalla como resultado de la medición (Telleria, 2021).

Para la determinación de Oxígeno Disuelto en el Multímetro portátil HQ4300 es necesario contar con la sonda de conductividad CDC401

Procedimiento para determinar la conductividad mediante el uso de la sonda CDC401, según lo especificado en el manual de usuario propuesto por el fabricante, (HACH, 2018).

1. Conectar la sonda al medido.
2. Encender el medidor
3. Enjuagar la sonda con agua desionizada y secarla con un trapo que no tenga pelusa.
4. Colocar la muestra en un vaso de precipitado.
5. Colocar la sonda en la muestra de forma que el sensor de temperatura quede completamente sumergido. No coloque la sonda en la parte inferior o los lados del contenedor.
6. Pulsar medición en la pantalla aparecerá "Estabilizando" y se mostrará una barra de progreso que indica el ritmo de estabilización de la sonda en la muestra. Cuando la lectura se estabilice, aparecerá el icono de candado. La medición se corrige automáticamente de acuerdo con la temperatura de referencia seleccionada (20 o 25° C)

Métodos Para La Determinación De Parámetros Químicos

Espectrofotometría

La espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica que permite determinar la

concentración de un compuesto en solución. Se basa en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y a su vez que la cantidad de luz absorbida depende de forma lineal de la concentración. (Díaz, N. et al. 2010).

HACH establece que el fundamento de la espectroscopía se debe a la capacidad de las moléculas para absorber radiaciones, entre ellas las radiaciones dentro del espectro UV visible. Las longitudes de onda de las radiaciones que una molécula puede absorber y la eficiencia con la que se absorben dependen de la estructura atómica y de las condiciones del medio (pH, temperatura, fuerza iónica, constante dieléctrica), por lo que dicha técnica constituye un valioso instrumento para la determinación y caracterización de biomoléculas.

La transmitancia y absorbancia son conceptos fundamentales de la espectrofotometría.

La transmitancia (T). de una sustancia en solución “es la relación entre la cantidad de luz transmitida que llega al detector una vez que ha atravesado la muestra. La transmitancia nos da una medida física de la relación de intensidad incidente y transmitida al pasar por la muestra” (Díaz, N. et al. 2010).

La absorbancia (A). “es un concepto más relacionado con la muestra puesto que nos indica la cantidad de luz absorbida por la misma” (Díaz, N. et al. 2010).

Procedimiento aplicado en el laboratorio de EMAX. Dentro del laboratorio de EMAX para la determinación de los distintos parámetros químicos en agua, se hace uso del Espectrofotómetro DR3900, de la marca HACH.

Espectrofotómetro HACH DR3900. HACH, (2024). El espectrofotómetro visible de laboratorio DR3900, está diseñado para realizar el control de parámetros químicos en agua. Tiene un rango de la longitud de onda que va de 320 a 1100 nm, con una exactitud de longitud de onda que oscila entre ± 1.5 nm y exactitud fotométrica de 5 Abs de 0.0 a 0.5 Abs. Como fuente de luz utiliza una Lámpara de Tungsteno (visible).

Principio de métodos utilizados

Hierro. Reactivo utilizado: FerroVer® Iron Reagent. "Convierte todo el hierro soluble y la mayoría de las formas insolubles de hierro en la muestra a hierro ferroso soluble. "El hierro ferroso reacciona con la fenantrolina 1-10. indicador en el reactivo para formar un color naranja en proporción a la concentración de hierro. La longitud de onda de medición es de 510 nm para espectrofotómetros o de 520 nm para colorímetros" (HACH, 2024).

Nitrato. Reactivo utilizado: NitraVer®. "Cadmio metálico reduce el nitrato de la muestra a nitrito. El ion nitrito reacciona en forma ácido con ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio intermedia. La sal se combina con ácido gentísico para formar una solución de color ámbar" (HACH, 2024).

Nitrito. El nitrito en la muestra reacciona el ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio intermedia. Esta se acopla al ácido cromotrópico para producir un complejo de color rosa directamente proporcional a la cantidad de nitrito presente (HACH, 2024).

Dureza total. "Es la suma de las concentraciones de los cationes metálicos menos los alcalinos, expresados en concentración equivalente de carbonato de calcio" (HACH, 2024).

Dureza de calcio. La muestra se hace alcalina (pH 12-13) con hidróxido de potasio para precipitar el magnesio como hidróxido de magnesio. Se agrega el indicador CalVer 2 y se combina con calcio para formar un color rosa-rojo. Cuando se agrega el EDTA, éste reacciona con los iones libres de calcio presentes. Cuando no quedan más iones libres de calcio, el EDTA extrae el complejo de calcio con el indicador, haciendo que el color cambie a azul (HACH, 2024).

Manganeso. El método PAN es un procedimiento rápido y muy sensible para medir niveles bajos de manganeso. El reactivo de ácido ascórbico reduce todas las formas oxidadas de manganeso a Mn^{2+} . El reactivo de cianuro alcalino enmascara posibles interferencias. El indicador PAN luego forma un complejo de color naranja con Mn^{2+} . La longitud de onda de medición es de 560 nm (HACH, 2024).

Sulfato. Los iones de sulfato en la muestra reaccionan con el bario en el reactivo de sulfato

SulfaVer® 4 y forman una turbidez de sulfato de bario insoluble. La cantidad de turbidez formada es proporcional a la concentración de sulfato (HACH, 2024).

Método Titrimétrico con EDTA

Kit de prueba de dureza (total y calcio)

HA-4P M/L (145701)

El ácido etilendiaminotetraacético y sus sales de sodio (abreviado EDTA) forman un complejo soluble quelado cuando se añaden a una solución de ciertos cationes metálicos. Si se añade una pequeña cantidad de un tinte como negro de eriocromo T o calmagita a una solución acuosa que contiene iones de calcio y magnesio a un pH de $10,0 \pm 0,1$, la solución se vuelve rojo vino. Si se agrega EDTA como valorante, el calcio y el magnesio formarán complejos, y cuando todo el magnesio y el calcio se hayan complejado, la solución pasará de rojo vino a azul, marcando el punto final de la titulación.

PARAMETRO QUIMICO	METODO UTILIZADO	PREPARACION DE LA MUESTRA	BLANCO	TIEMPO DE AGITACIÓN	TIEMPO DE REPOSO	LONGITUD DE ONDA DE LECTURA	LIMITE MÁXIMO ACEPTABLE	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	UNIDAD DE MEDIDA
Hierro	Espectrofotometría	Agregar 10ml de muestra a la celda y añadir el contenido del sobre de reactivo FerroVer. Agitar suavemente.	10 ml de Muestra.	No aplica.	3 min.	510nm.	0.1	1	mg/L
Nitrato	Espectrofotometría	Agregar 10ml de muestra a la celda y añadir el contenido del sobre de reactivo NitraVer. Agitar suavemente	10ml de muestra	1 min.	5 min.	400 nm.	25	40	mg/L
Sulfato	Espectrofotometría	Agregar 10ml de muestra a la celda y añadir el contenido del sobre de reactivo SulfaVer. Agitar suavemente	10 ml de muestra.	No aplica	5 min	450 nm	100	250	mg/L
Cloruro	Espectrofotometría	Agregar 10ml de muestra a la celda y añadir 0.8 ml de mercurio solución de tiocinato y 0.4 ml de solución de iones férricos. Agitar suavemente	Agregar 10ml de agua desmineralizada a la celda y añadir 0.8 ml de mercurio solución de tiocinato y 0.4 ml de solución de iones férricos. Agitar suavemente	2min.	5 min.	455 nm.	200	600	mg/L
Manganeso	Espectrofotometría	Agregar 10ml de agua desmineralizada a la celda y añadir una almohada en polvo de ácido ascórbico, disolver. Agregar 12 gotas de Alcalino Solución reactiva de cianuro, disolver y agregar 12 gotas de PAN Solución indicadora al 0.1%. Agitar y leer.	Agregar 10ml de agua desmineralizada a la celda y añadir una almohada en polvo de ácido ascórbico, disolver. Agregar 12 gotas de Alcalino Solución reactiva de cianuro, disolver y agregar 12 gotas de PAN Solución indicadora al 0.1%. Agitar y leer.	No aplica	2 min.	560 nm	0.05		mg/L
Dureza Total	Método Titrimétrico con EDTA	Llenar tubo de medición con la muestra y verter en frasco mezclador. Añadir: 3 gotas del Tampón Solución, agitar. Añadir 1 gota de solución indicadora, agitar. Agregar EDTA solución valorante por gotas y contar hasta que cambie de color rosa a azul. Multiplicar resultado por 20	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	100		mg/L
Calcio	Método Titrimétrico con EDTA	Llenar tubo de medición con la muestra y verter en frasco mezclador. Añadir: 2 gotas del 8N Hidróxido de Potasio Solución, agitar. Agregar el contenido del sobre del indicador CalVer en polvo. Agitar. Agregar gotas necesarias de EDTA hasta que el color cambie de rosa a azul. Multiplicar resultado por 20	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	75	150	mg/L
Magnesio	No Aplica	Aplicación de diferencia entre Dureza total y Calcio (Dureza Total – Ca = Mg)	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	50	100	mg/L
Nitritos	Espectrofotometría	Agregar 10ml de muestra a la celda y añadir el contenido del sobre de reactivo NitraVer. Agitar suavemente	10ml de Muestra	No Aplica	3 Min.	400nm	Ncs	1	mg/L
Color	Espectrofotometría	Agregar 10ml de muestra a la celda y leer.	10 ml de Agua Desmineralizada	No aplica	No Aplica	455 nm.	5	35	mg/L
Cloro	Colorimetría	Agregar muestra a la celda y añadir el contenido de un sobre de DPD Cloro Total. Agitar. (Si existe presencia de cloro la muestra se tornará de color rosa, que es proporcional a la concentración total de dicho analito)	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	0.5	1	
Cloro	Espectrofotometría	Agregar 5ml de muestra a la celda. Agregar el Contenido de un sobre de DPD Cloro Total.	5ml de Muestra	20 seg.	3 min.	530nm.	0.5	1	mg/L

Tabla 2. Metodología y procedimientos empleados para la evaluación de parámetros químicos en el laboratorio de Aguas de EMAX.

Métodos Microbiológicos

La norma COGUANOR 29001, establece dos métodos de evaluación microbiológica: el método de los tubos múltiples de fermentación y el método por la membrana de filtración. (p. 5-6). En el laboratorio de la Empresa Municipal Aguas de Xelajú se hace uso del segundo método por su eficacia y facilidad de aplicación.

El método de filtración con membrana para la determinación de coliformes totales y termotolerantes está aceptado por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Association, 2013).

La normativa COGUANOR NTG 29001 indica que, en el método de filtración por membrana, se acepta como límite una colonia de coliformes totales y la ausencia de *Escherichia coli* (bacterias indicadoras de contaminación fecal) en 100 ml de agua destinada al consumo humano. La ausencia de coliformes se considera como una indicación de que la muestra cumple con la norma de calidad y que el agua es apta para el consumo humano.

Filtración de membrana

La técnica de filtración por membrana (MF) es altamente reproducible, se puede utilizar para analizar volúmenes de muestra relativamente grandes y generalmente se obtienen resultados numéricos más rápidamente que con el procedimiento de fermentación en tubos múltiples. La técnica MF es extremadamente útil para monitorear el agua potable y una variedad de aguas naturales. Sin embargo, la técnica MF tiene limitaciones, particularmente cuando se analizan aguas con alta turbiedad o con grandes cantidades de bacterias no coliformes (de segundo plano) (APHA, 2017, p. 9-56).

APHA (2017) define al grupo coliforme como “bacterias anaerobias facultativas, gram negativas, no formadoras de esporas y con forma de bastón que forman colonias con características distintivas en medios específicos” (p. 9-56).

Los medios cultivo que se utilizan en este proceso, deben ser medios deshidratados (polvos) almacenados en frascos bien cerrados en la oscuridad a menos de 30 °C en una atmósfera con baja humedad. No utilizarlos si están descoloridos, apelmazados o ya no son un polvo que fluye libremente. Utilizar los medios antes de su fecha de caducidad o dentro de un año de su compra si contienen agentes selectivos (azida sódico, sales biliares, antibióticos, aminoácidos que contienen azufre, etc.) para mantener una selectividad óptima. Utilizar medios preparados comercialmente siempre que estén disponibles. Evitar preparar medios a partir de ingredientes esenciales a menos que sea necesario (APHA, 2017, p. 9-17).

- Medio agar tipo endo: Las bacterias coliformes se definen como bacterias que desarrollan colonias rojas con un brillo metálico (verde dorado) incubadas por 24 h a 35°C en un medio tipo Endo que contiene lactosa. Algunos miembros del grupo de los coliformes totales también producen colonias de color rojo oscuro, mucoides o nucleadas sin brillo metálico. Cuando se verifican, estas se clasifican como colonias de coliformes atípicas. Generalmente las colonias rosas (no mucoide), azul, blanco, o las colonias incoloras que carecen de brillo en el medio Endo se consideran no coliformes mediante esta técnica (APHA, 2017, p. 9-56).
- Medio agar cromogénico: Las bacterias coliformes (distintas de E. coli) se identifican como aquellas que producen colonias de color rojo incubadas por 24 h a 35°C en un medio que contenga lactosa y un colorante no selectivo. E. coli se distingue de otras bacterias coliformes por el color azul a morado de sus colonias por la acción de la enzima β -glucuronidasa ya que la enzima está presente en E. coli pero no en otros miembros de coliformes (APHA, 2017, p. 9-56).

El procedimiento descrito a continuación es una versión simplificada de la técnica ofrecida por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Association, 2013) y por la (OMS, 2010).

Equipos y materiales

- Guantes
- 50 ml de alcohol para desinfectar
- Incubadoras, con una temperatura de incubación de $35 \pm 0,5$ °C, con termostato y termómetro.
- Sistema de filtración (una bomba de vacío o aspirador manual)
- 2 membranas filtrantes esterilizadas para cada muestra, de 47 milímetros de diámetro y una porosidad de 0,45 micrómetros.
- Mechero de Bunsen, para mantener el ambiente aséptico y efectuar la desinfección de las pinzas utilizadas.

Procedimiento para técnica de filtración por membrana. Pasos que se requieran en esta técnica, conforme se realiza en el laboratorio:

1. Colocarse los guantes y desinfectar área de trabajo.

2. Encender el mechero.
3. Rociar con alcohol las partes movibles del sistema de filtración, boquillas, membrana, pinza pequeña y esterilizar.
4. Preparar las membranas y medios para coliformes totales y fecales.
5. Colocar las partes esterilizadas al sistema de filtración.
6. Con la pinza pequeña sostener la membrana estéril (cuadriculado hacia arriba) y colocarla al filtro poroso, colocar las boquillas y asegurar bien.
7. Colocar las muestras hasta la segunda marca, en cada boquilla y tapar.
8. Abrir la llave del agua, esperar la filtración de la muestra y quitar la boquilla.
9. Con la pinza pequeña, quitar la membrana y colocarla en los medios hidratados, rotular la muestra con nombre y fecha.
10. Colocar los medios en la incubadora y esperar un tiempo de 48 horas para el resultado, si se tiene a un ambiente de 35 C esperar 24 horas.

Especificaciones de Aparatos de Laboratorio

Incubadoras

Según la guía APHA, “las incubadoras deben mantener una temperatura uniforme y constante en todo momento en todas las áreas, es decir, no deben variar más de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ en las áreas utilizadas”. (2017, p. 9-14)

Autoclaves

Utilizar autoclaves de tamaño suficiente para evitar el hacinamiento interno; construido para proporcionar temperaturas uniformes dentro de las cámaras (hasta e incluyendo la temperatura de esterilización de 121°C); equipado con un termómetro preciso cuyo bulbo esté ubicado adecuadamente en la línea de escape para registrar la temperatura mínima dentro de las cámaras de esterilización; y capaz de alcanzar la temperatura deseada en 30 min. (APHA, 2017, 9-15)

Equipo de pH

De acuerdo con APHA, “se deben utilizar medidores de pH electrométricos, con una precisión de al menos 0,1 unidades de pH, para determinar los valores de pH” (2017, 9-15)

Balanzas

Utilizar balanzas que proporcionen una sensibilidad de al menos 0,1 g con una carga de 150 g, con pesas adecuadas. Utilice una balanza analítica con una sensibilidad de 1 mg bajo una carga de 10 g para pesar

pequeñas cantidades (menos de 2 g) de materiales. Las balanzas de pesaje rápido de un solo platillo son las más convenientes. (APHA, 2017, 9-15)

Utensilios De Preparación De Medios

Como indica la guía APHA, “utilizar vidrio de borosilicato u otro equipo no corrosivo adecuado, como acero inoxidable. Utilizar cristalería limpia y libre de residuos, agar seco u otros materiales extraños que puedan contaminar el medio”. (2017, 9-15)

Pipetas Graduadas

En la guía APHA se estipula que, “se deben utilizar pipetas de cualquier tamaño conveniente, siempre que entreguen el volumen requerido de forma precisa y rápida. Utilice pipetas con graduaciones claramente marcadas y con puntas intactas. No pipetear con la boca; Utilizar un auxiliar”. (2017, 9-15)

Refrigerador

Utilizar un refrigerador que mantenga una temperatura de 1 a 4,4°C para almacenar muestras, medios, reactivos, etc. No almacenar solventes volátiles, alimentos o bebidas en un refrigerador con medios. Los refrigeradores anti escarcha pueden provocar una deshidratación excesiva del medio si se almacenan durante más de 1 semana. (APHA, 2017, 9-16)

Dispositivos Para Monitorear Temperatura

La guía APHA recomienda, “utilizar termómetros de vidrio o metal graduados a 0,5 °C para controlar la mayoría de las incubadoras y refrigeradores. Utilice termómetros graduados a 0,1 para incubadoras que funcionen a más de 40 °C”. (2017, 9-16)

Cajas Petri

Utilizar cajas estériles cuyos fondos estén libres de burbujas o rayones y que sean planas para que el medio tenga un espesor uniforme en toda la superficie. Para la técnica de filtración por membrana, utilizar cajas de vidrio o plástico con tapa suelta, de 60 x 15 mm, o cajas con tapa hermética, de 50 x 12 mm. (APHA, 2017, 9-16)

Equipo Para Filtración De Membrana

Utilizar un embudo de filtración y un soporte de membrana hechos de acero inoxidable, vidrio o plástico esterilizable en autoclave que no tenga fugas y que no está sujeto a corrosión. Los kits de laboratorio de campo son aceptables, pero se requieren equipos y procedimientos estándar. (APHA, 2017, 9-16)

Recipientes Para Muestras

Utilizar botellas capaces de contener un volumen suficiente de muestra para todas las pruebas requeridas y un espacio de aire adecuado, que permita un lavado adecuado y mantenga las muestras sin contaminar hasta que se completen los exámenes. Se recomiendan botellas con tapón de vidrio esmerilado, preferentemente de boca ancha y de vidrio resistente. (APHA, 2017, 9-16)

Para muestras bacteriológicas utilizar frascos esterilizables de vidrio o plástico de cualquier tamaño y forma adecuados. Antes de la esterilización, cubra la parte superior y el cuello de los frascos de muestra que tengan cierres de vidrio con papel de aluminio o papel kraft grueso. (APHA, 2017, 9-16)

Metodología

Participantes:

13 nacimientos de agua ubicados en San Juan Ostuncalco, San Mateo, La Esperanza y los pozos mecánicos que funcionan en las diferentes zonas de la ciudad de Quetzaltenango.

Diseño:

- Modelo Cuantitativo: se recolectan y analizan datos numéricos.
- Según el objetivo es Analítico: se comparan varias muestras para obtener un resultado final.
- Según la direccionalidad es Prospectivo: el estudio se inicia en un punto temporal concreto a partir del cual se empiezan a recolectar datos.
- Según el número de mediciones es longitudinal: se realizan 3 muestreos de las mismas variables a las fuentes implicadas en el estudio.
- Según el grado de control es un estudio observacional: no se manipula ninguna variable.

Técnicas e instrumentos: Muestreos y fichas de control de toma de muestras. Ver anexos, páginas 122, 123 y 124.

Resultados

Valores de referencia según la norma COGUANOR NTG 29001

Características Físicas y Químicas que debe tener el agua para consumo humano

Análisis	Unidad	LMA	LMP
Color Aparente	Unidades Pt-Co	5	35
Turbidez	NTU	5.0	15.0
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.0-7.5	6.5-8.5
Conductividad	µs/cm	750.0	<1500.0
Cloro Residual Libre	mg/L Cl	0.5	1
Cloruros	mg/L	100	250
Dureza total	mg/L CaCO ₃	100.0	500.0
Sulfatos	mg/L SO ₄	100	250.0
Calcio	mg/L Ca	75.0	150.0
Magnesio	mg/L Mg	50.0	100.0
Nitratos	mg/L NO ₃	25.0	50.0
Nitritos	mg/L NO ₂	Nsc	3.0
Hierro Total	mg/L Fe	0.3	----
Manganeso Total	mg/L Mn	0.1	0.4

LMA: límite máximo aceptable LMP: límite máximo permisible Nsc: no se contempla en la norma

Fuente: Los límites máximo aceptable y permisible corresponden a la Norma COGUANOR NTG 29001 Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones. 2013

Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua

Microorganismos	Límite Máximo Permisible
Agua para consumo directo Coliformes totales y E. coli	No deben ser detectables en 100 ml de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución Coliformes totales y E. coli	No deben ser detectables en 100 ml de agua
Agua tratada en el sistema de distribución Coliformes totales y E. coli	No deben ser detectables en 100 ml de agua

Fuente: El límite máximo permisible corresponden a la Norma COGUANOR NTG 29001 Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones. 2013

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 1		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de Recepción	Hora de Recepción
Muestra #1	15/04/2024	8:40	15/04/2024	12:00
Muestra #2	29/05/2024	9:05	29/05/2024	12:00
Muestra #3	07/06/2024	8:30	07/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.38 UTN	0.12 UTN	0.13 UTN
Potencial de hidrógeno (pH)		7.37	7.87	7.12
Conductividad		156,6 µS/cm	161.2 µS/cm	161.4µS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		7,4 mg/L	3.3 mg/L	0.8 mg/L
Dureza total		30 mg/L	30 mg/L	30 mg/L
Sulfatos		1 mg/L	1 mg/L	3 mg/L
Calcio		10,5 mg/L	10.5 mg/L	10.5 mg/L
Magnesio		4,5 mg/L	4.5 mg/L	4.5 mg/L
Nitratos		1,1 mg/L	1.3 mg/L	0.4 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0,05 mg/L	0.06 mg/L	0.01mg/L
Manganeso total		0.005 mg/L	0.003 mg/L	0.005 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 2		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de Recepción	Hora de Recepción
Muestra #1	15/04/2024	8:48	15/04/2024	12:00
Muestra #2	29/05/2024	9:30	29/05/2024	12:00
Muestra #3	07/06/2024	8:45	07/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.12 UNT	0.10 UNT	0.13 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		8.05	8.14	8.13
Conductividad		144.4 uS/cm	146.5 uS/cm	146.7 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		3,2 mg/L	1.7 mg/L	0.6 mg/L
Dureza total		30 mg/L	30 mg/L	30 mg/L
Sulfatos		1 mg/L	3 mg/L	2 mg/L
Calcio		10.5 mg/L	10.5 mg/L	10.5 mg/L
Magnesio		4.5 mg/L	4.5 mg/L	4.5 mg/L
Nitratos		3.2 mg/L	3.4 mg/L	0.6 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.03 mg/L	0.03 mg/L	0.01 mg/L
Manganeso total		0.005 mg/L	0.005 mg/L	0.006 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 3		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de captación	Hora de captación
Muestra #1	15/04/2024	9:45	15/04/2024	12:00
Muestra #2	29/05/2024	9:50	29/05/2024	12:00
Muestra #3	07/06/2024	9:15	07/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.25 UNT	0.09 UNT	0.16 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.81	7.79	7.69
Conductividad		156.9 uS/cm	159.7 uS/cm	160.8 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		2,8 mg/L	2.1 mg/L	2.7 mg/L
Dureza total		30 mg/L	30 mg/L	40 mg/L
Sulfatos		1 mg/L	1 mg/L	2 mg/L
Calcio		10.5 mg/L	10.5 mg/L	14 mg/L
Magnesio		4.5 mg/L	4.5 mg/L	6 mg/L
Nitratos		9.8 mg/L	8.2 mg/L	1.6 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.04 mg/L	0.04 mg/L	0.09 mg/L
Manganeso total		0.009 mg/L	0.008 mg/L	0.005 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 4		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de captación	Hora de captación
Muestra #1	15/04/2024	8:47	15/04/2024	12:00
Muestra #2	29/05/2024	10:00	29/05/2024	12:00
Muestra #3	07/06/2024	10:00	07/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.16 UNT	0.12 UNT	0.37 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.55	7.79	7.76
Conductividad		258 uS/cm	259 uS/cm	264 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		7 mg/L	8.6 mg/L	2.1 mg/L
Dureza total		60 mg/L	50 mg/L	60 mg/L
Sulfatos		3 mg/L	2 mg/L	1 mg/L
Calcio		21 mg/L	17.5 mg/L	21 mg/L
Magnesio		9 mg/L	7.5 mg/L	9 mg/L
Nitratos		1.2 mg/L	1.7 mg/L	0.8 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.06 mg/L	0.04 mg/L	0.28 mg/L
Manganeso total		0.009 mg/L	0.006 mg/L	0.007mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 5		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de captación	Hora de captación
Muestra #1	15/04/2024	9:15	15/04/2024	12:00
Muestra #2	29/05/2024	10:10	29/05/2024	12:00
Muestra #3	07/06/2024	10:20	07/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.07 UNT	0.12 UNT	0.10 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.7	7.75	7.73
Conductividad		166 uS/cm	169.8 uS/cm	169.9 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		2 mg/L	4.6 mg/L	2.2 mg/L
Dureza total		40 mg/L	40 mg/L	40 mg/L
Sulfatos		2 mg/L	5 mg/L	3 mg/L
Calcio		14 mg/L	14 mg/L	14 mg/L
Magnesio		6 mg/L	6 mg/L	6 mg/L
Nitratos		1.1 mg/L	1.2 mg/L	0.7 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.04 mg/L	0.05 mg/L	0.06 mg/L
Manganeso total		0.009 mg/L	0.008 mg/L	0.009 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 6		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de captación	Hora de captación
Muestra #1	15/04/2024	10:08	15/04/2024	12:00
Muestra #2	29/05/2024	10:20	29/05/2024	12:00
Muestra #3	07/06/2024	8:35	07/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.12 UNT	0.09 UNT	0.10 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.72	7.87	6.95
Conductividad		202.6 uS/cm	206.4 uS/cm	205.1 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		3 mg/L	6.6 mg/L	8.6 mg/L
Dureza total		50 mg/L	40 mg/L	50 mg/L
Sulfatos		2 mg/L	6 mg/L	4 mg/L
Calcio		17.5 mg/L	14 mg/L	17.5 mg/L
Magnesio		7.5 mg/L	6 mg/L	7.5 mg/L
Nitratos		1.1 mg/L	1.1 mg/L	0.8 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.03 mg/L	0.04 mg/L	0.07 mg/L
Manganeso total		0.009 mg/L	0.008 mg/L	0.008 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 7		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de captación	Hora de captación
Muestra #1	15/04/2024	11:26	15/04/2024	12:00
Muestra #2	29/05/2024	10:20	29/05/2024	12:00
Muestra #3	07/06/2024	12:00	07/06/2024	2:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.10 UNT	0,13 UNT	0.16 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.80	7.13	7.04
Conductividad		166.9 uS/cm	173.0 uS/cm	174.3 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		1.2 mg/L	2.4 mg/L	2.4 mg/L
Dureza total		40 mg/L	40 mg/L	40 mg/L
Sulfatos		4 mg/L	8 mg/L	8 mg/L
Calcio		14 mg/L	14 mg/L	14 mg/L
Magnesio		6 mg/L	6 mg/L	6 mg/L
Nitratos		1.1 mg/L	1.0 mg/L	1.0 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.04 mg/L	0.03 mg/L	0.03 mg/L
Manganeso total		0.005 mg/L	0.007 mg/L	0.005 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 8		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de captación	Hora de captación
Muestra #1	15/04/2024	11:16	15/04/2024	12:00
Muestra #2	29/05/2024	10:30	29/05/2024	12:00
Muestra #3	07/06/2024	11::40	07/06/2024	2:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.8 UNT	0.12 UNT	0.23 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.82	7.85	7,09
Conductividad		159.8 uS/cm	162.5 uS/cm	162.8 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		1.3 mg/L	2.3 mg/L	3.3 mg/L
Dureza total		40 mg/L	30 mg/L	40 mg/L
Sulfatos		2 mg/L	3 mg/L	4 mg/L
Calcio		14 mg/L	10.5 mg/L	14 mg/L
Magnesio		6 mg/L	4.5 mg/L	6 mg/L
Nitratos		1.0 mg/L	1.1 mg/L	1.0 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.04 mg/L	0.04 mg/L	0.01 mg/L
Manganeso total		0.005 mg/L	0.007 mg/L	0.006 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 9		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de captación	Hora de captación
Muestra #1	15/04/2024	11:20	15/04/2024	12:00 pm
Muestra #2	29/05/2024	10:40	29/05/2024	12:00 pm
Muestra #3	07/06/2024	10:18 am.	07/06/2024	2:30 pm.
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.11 UNT	0.09 UNT	0.09 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.76	7.76	7.24
Conductividad		176.1 uS/cm	180.4 uS/cm	178.8 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		1.0 mg/L	2.4 mg/L	4.8 mg/L
Dureza total		40 mg/L	40 mg/L	40 mg/L
Sulfatos		7 mg/L	10 mg/L	5 mg/L
Calcio		14 mg/L	14 mg/L	14 mg/L
Magnesio		6 mg/L	6 mg/L	6 mg/L
Nitratos		1.1 mg/L	0.9 mg/L	0.3 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.03 mg/L	0.03 mg/L	0.23 mg/L
Manganeso total		0.005 mg/L	0.005 mg/L	0.004 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 10		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de captación	Hora de captación
Muestra #1	15/04/2024	12:05	15/04/2024	12:30
Muestra #2	29/05/2024	11:05	29/05/2024	12:00
Muestra #3	07/06/2024	12:30 pm	07/06/2024	2:30 pm
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.18 UNT	0.07 UNT	0.09 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.65	7.65	7.96
Conductividad		276 uS/cm	275 uS/cm	280 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		4.5 mg/L	7.9 mg/L	9.6 mg/L
Dureza total		60 mg/L	60 mg/L	60 mg/L
Sulfatos		16 mg/L	28 mg/L	18 mg/L
Calcio		21 mg/L	21 mg/L	21 mg/L
Magnesio		9 mg/L	9 mg/L	9 mg/L
Nitratos		1.5 mg/L	1.6 mg/L	0.9 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.03 mg/L	0.02 mg/L	0.15 mg/L
Manganeso total		0.005 mg/L	0.005 mg/L	0.004 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 11		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de captación	Hora de captación
Muestra #1	15/04/2024	11:43 am	15/04/2024	12:00 pm
Muestra #2	29/05/2024	11:20 am	29/05/2024	12:00 pm
Muestra #3	07/06/2024	12:20 pm	07/06/2024	2:30 pm
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.14 UNT	0.07 UNT	0.14 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.77	7.82	7.04
Conductividad		171.2 uS/cm	172.7 uS/cm	173.7 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		1.1 mg/L	2.7 mg/L	1.8 mg/L
Dureza total		40 mg/L	40 mg/L	40 mg/L
Sulfatos		5 mg/L	6 mg/L	3 mg/L
Calcio		14 mg/L	14 mg/L	14 mg/L
Magnesio		6 mg/L	6 mg/L	6 mg/L
Nitratos		1.4 mg/L	1.5 mg/L	1.3 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.04 mg/L	0.04 mg/L	0.15 mg/L
Manganeso total		0.005 mg/L	0.006 mg/L	0.004 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 12		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de captación	Hora de captación
Muestra #1	15/04/2024	12:35 pm	15/04/2024	12:45 pm
Muestra #2	29/05/2024	11:50 am	29/05/2024	12:00 pm
Muestra #3	07/06/2024	9:35 am	07/06/2024	2:30 pm
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.16 UNT	0.11 UNT	0.12 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.65	7.73	7.69
Conductividad		313 uS/cm	321 uS/cm	319 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		4 mg/L	5.0 mg/L	5.7 mg/L
Dureza total		70 mg/L	70 mg/L	70 mg/L
Sulfatos		20 mg/L	32 mg/L	33 mg/L
Calcio		24.5 mg/L	24.5 mg/L	24.5 mg/L
Magnesio		10.5 mg/L	10.5 mg/L	10.5 mg/L
Nitratos		1.2 mg/L	1.4 mg/L	1.3 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.04 mg/L	0.04 mg/L	0.29 mg/L
Manganeso total		0.005 mg/L	0.006 mg/L	0.009 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 13		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de captación	Hora de captación
Muestra #1	15/04/2024	8:00 am	15/04/2024	12:00 pm
Muestra #2	29/05/2024	10:00 am	29/05/2024	12:00 pm
Muestra #3	07/06/2024	11:30 am	07/06/2024	12:00 pm
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.27 UNT	0.74 UNT	0.11 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.45	7.70	7.8
Conductividad		376 uS/cm	369 uS/cm	382 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		18.3 mg/L	27.7 mg/L	51.8 mg/L
Dureza total		100 mg/L	100 mg/L	100 mg/L
Sulfatos		18 mg/L	11 mg/L	10 mg/L
Calcio		35 mg/L	35 mg/L	35 mg/L
Magnesio		15 mg/L	15 mg/L	15 mg/L
Nitratos		2.2 mg/L	2.8 mg/L	0.8 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.37 mg/L	0.30 mg/L	0.38 mg/L
Manganeso total		0.006 mg/L	0.007 mg/L	0.008 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 14		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de Recepción	Hora de Recepción
Muestra #1	15/04/2024	9:13 am	15/04/2024	12:00
Muestra #2	29/05/2024	9:00 am	29/05/2024	12:00
Muestra #3	07/06/2024	12:09 pm	07/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.80 UTN	0.34 UTN	0.09 UTN
Potencial de hidrógeno (pH)		7.88	7.34	7.85
Conductividad		225 µS/cm	223 µS/cm	224 µS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		8.9 mg/L	13 mg/L	4.3 mg/L
Dureza total		40 mg/L	40 mg/L	40 mg/L
Sulfatos		14 mg/L	11 mg/L	18 mg/L
Calcio		14 mg/L	14 mg/L	14 mg/L
Magnesio		6 mg/L	6 mg/L	6 mg/L
Nitratos		mg/L	1.4 mg/L	0.06 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0,15 mg/L	0.15 mg/L	mg/L
Manganeso total		0.006 mg/L	0.005 mg/L	0.006 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 15		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	09:30	17/04/2024	12:00
Muestra #2	22/05/2024	08:30	22/05/2024	12:00
Muestra #3	26/06/2024	08:30	26/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.09 UNT	0.23 UNT	0.23 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.81	7.86	7.75
Conductividad		152.8 uS/cm	153.1 uS/cm	150.4 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		1.2 mg/L	2.3 mg/L	1.6 mg/L
Dureza total		40 mg/L	40 mg/L	40 mg/L
Sulfatos		1 mg/L	1 mg/L	2 mg/L
Calcio		14 mg/L	14 mg/L	14 mg/L
Magnesio		6 mg/L	6 mg/L	6 mg/L
Nitratos		0.8 mg/L	0.7 mg/L	0.7 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.05 mg/L Fe	0.12 mg/L Fe	0.09 mg/L Fe
Manganeso total		0.006 mg/ L Mn	0.007 mg/ L Mn	0.006 mg/ L Mn
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 16		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	09:45	17/04/2024	12:00
Muestra #2	22/05/2024	08:40	22/05/2024	12:00
Muestra #3	26/06/2024	08:40	26/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.38 UNT	0.85 UNT	0.49 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.56	7.68	7.56
Conductividad		237 uS/cm	233 uS/cm	238 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		9.0 mg/L	10.7 mg/L	10.4 mg/L
Dureza total		60 mg/L	60 mg/L	60 mg/L
Sulfatos		3 mg/L	4 mg/L	11 mg/L
Calcio		21 mg/L	21 mg/L	21 mg/L
Magnesio		9 mg/L	9 mg/L	9 mg/L
Nitratos		1.1 mg/L	1.7 mg/L	1.4 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.04 mg/L	0.11 mg/L	0.36 mg/L
Manganeso total		0.005 mg/ L	0.006 mg/L	0.006 mg/ L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 17		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	09:56	17/04/2024	12:00
Muestra #2	22/05/2024	09:55	22/05/2024	12:00
Muestra #3	26/06/2024	14:00	26/06/2024	14:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.12 UNT	0.41 UNT	0.6 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.54	7.80	7.86
Conductividad		364 uS/cm	278 uS/cm	366 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		16 mg/L	35.4 mg/L	20.9 mg/L
Dureza total		80 mg/L	80 mg/L	80 mg/L
Sulfatos		3 mg/L	16 mg/L	13 mg/L
Calcio		28 mg/L	28 mg/L	28 mg/L
Magnesio		12 mg/L	12 mg/L	12 mg/L
Nitratos		2.8 mg/L	2.3 mg/L	1.9 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.28 mg/L	0.12 mg/L	0.28 mg/L
Manganeso total		0.009 mg/L	0.009 mg/L	0.009 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 18		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	09:56	17/04/2024	12:00
Muestra #2	22/05/2024	09:40	22/05/2024	12:00
Muestra #3	26/06/2024	09:40	26/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.42 UNT	0.41 UNT	0.18 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.65	7.80	7.63
Conductividad		274 uS/cm	278 uS/cm	275 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		8.6 mg/L	14.4 mg/L	13.6 mg/L
Dureza total		70 mg/L	60 mg/L	60 mg/L
Sulfatos		10 mg/L	10 mg/L	15 mg/L
Calcio		24.5 mg/L	21 mg/L	21 mg/L
Magnesio		10.5 mg/L	9 mg/L	9 mg/L
Nitratos		1.8 mg/L	1.2 mg/L	2 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.23 mg/L	0.12 mg/L	0.16 mg/L
Manganeso total		0.007 mg/L	0.006 mg/L	0.006 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 19		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	10:35	17/04/2024	12:00
Muestra #2	22/05/2024	11:50	22/05/2024	12:00
Muestra #3	26/06/2024	08:30	26/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.50 UNT	0.11 UNT	0.23 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.50	7.71	7.75
Conductividad		204.4 uS/cm	214.5 uS/cm	150.4 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		1.2 mg/L	5.6 mg/L	1.6 mg/L
Dureza total		50 mg/L	40 mg/L	50 mg/L
Sulfatos		5 mg/L	4 mg/L	5 mg/L
Calcio		17.5 mg/L	14 mg/L	17.5 mg/L
Magnesio		7.5 mg/L	6 mg/L	7.5 mg/L
Nitratos		1.5 mg/L	1.2 mg/L	0.7 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.04 mg/L	0.12 mg/L	0.09 mg/L
Manganeso total		0.005 mg/ L	0.007 mg/ L	0.006 mg/ L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 20		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	11:15	17/04/2024	12:00
Muestra #2	22/05/2024	10:00	22/05/2024	12:00
Muestra #3	26/06/2024	09:45	26/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	0
Turbiedad		0.34 UNT	0.10 UNT	0.17 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.46	6.74	7.77
Conductividad		116.9 uS/cm	167.4 uS/cm	170.4 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		2.5 mg/L	4.9 mg/L	4.3 mg/L
Dureza total		40 mg/L	30 mg/L	40 mg/L
Sulfatos		1 mg/L	3 mg/L	3 mg/L
Calcio		14 mg/L	10.5 mg/L	14 mg/L
Magnesio		6 mg/L	4.5 mg/L	6 mg/L
Nitratos		0.9 mg/L	1.0 mg/L	0.4 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.08 mg/L	0.03 mg/L	0.63 mg/L
Manganeso total		0.009 mg/ L	0.009 mg/ L	0.008 mg/ L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 21		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	08:15	17/04/2024	12:00
Muestra #2	22/05/2024	11:00	22/05/2024	12:00
Muestra #3	26/06/2024	11:00	26/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.30 UNT	0.13 UNT	0.08 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.54	7.78	7.63
Conductividad		147.0 uS/cm	149.5 uS/cm	147.8 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		1.6 mg/L	2.4 mg/L	1.8 mg/L
Dureza total		40 mg/L	40 mg/L	40 mg/L
Sulfatos		1 mg/L	1 mg/L	7 mg/L
Calcio		14 mg/L	14 mg/L	14 mg/L
Magnesio		6 mg/L	6 mg/L	6 mg/L
Nitratos		1.0 mg/L	1.0 mg/L	2 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.06 mg/L	0.12 mg/L	0.09 mg/L
Manganeso total		0.006 mg/ L	0.007 mg/ L	0.006 mg/ L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 22		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	12:56	17/04/2024	12:00
Muestra #2	22/05/2024	08:34	22/05/2024	12:00
Muestra #3	26/06/2024	08:30	26/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.27 UNT	0.28 UNT	0.35 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.25	7.57	7.81
Conductividad		379 uS/cm	376 uS/cm	381 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		15.2 mg/L	22.5 mg/L	17 mg/L
Dureza total		80 mg/L	80 mg/L	80 mg/L
Sulfatos		38 mg/L	33 mg/L	21 mg/L
Calcio		28 mg/L	28 mg/L	28 mg/L
Magnesio		12 mg/L	12 mg/L	12 mg/L
Nitratos		2.7 mg/L	2.7 mg/L	1.5 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.05 mg/L	0.58 mg/L	0.27 mg/L
Manganeso total		0.009 mg/ L	0.007 mg/ L	0.006 mg/ L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 23		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	13:15	17/04/2024	13:00
Muestra #2	22/05/2024	09:00	22/05/2024	13:00
Muestra #3	26/06/2024	13:30	26/06/2024	14:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.25 UNT	0.16 UNT	0.31 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.77	7.97	7.11
Conductividad		366 uS/cm	363 uS/cm	361 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		10.5 mg/L	5.5 mg/L	5 mg/L
Dureza total		80 mg/L	70 mg/L	80 mg/L
Sulfatos		38 mg/L	26 mg/L	28 mg/L
Calcio		28 mg/L	24.5 mg/L	28 mg/L
Magnesio		8.4 mg/L	7.35 mg/L	12 mg/L
Nitratos		1.2 mg/L	1.6 mg/L	0.3 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.02 mg/L	0.02 mg/L	0.06 mg/L
Manganeso total		0.007 mg/ L	0.007 mg/ L	0.006 mg/ L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 24		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	10:05	17/04/2024	12:30
Muestra #2	22/05/2024	08:15	22/05/2024	12:30
Muestra #3	26/06/2024	12:45	26/06/2024	14:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		1	<2	<1
Turbiedad		0.17 UNT	0.17 UNT	0.12 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.60	7.74	7.90
Conductividad		437 uS/cm	445 uS/cm	447 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		4.7 mg/L	5.5 mg/L	5.1 mg/L
Dureza total		90 mg/L	90 mg/L	90 mg/L
Sulfatos		86 mg/L	73 mg/L	68 mg/L
Calcio		31.5 mg/L	31.5 mg/L	31.5 mg/L
Magnesio		13.5 mg/L	13.5 mg/L	13.5 mg/L
Nitratos		1.3 mg/L	0.5 mg/L	0.3 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.08 mg/L	0.09 mg/L	0.1 mg/L
Manganeso total		0.006 mg/ L	0.007 mg/ L	0.009 mg/ L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 25		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	10:40	17/04/2024	12:00
Muestra #2	22/05/2024	13:20	22/05/2024	13:35
Muestra #3	26/06/2024	11:12	26/06/2024	14:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.12 UNT	0.49 UNT	0.16 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.67	7.93	7.03
Conductividad		200 uS/cm	196.5 uS/cm	199.5 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		4.3 mg/L	4.5 mg/L	6.4 mg/L
Dureza total		90 mg/L	40 mg/L	60 mg/L
Sulfatos		17 mg/L	4 mg/L	4 mg/L
Calcio		31.5 mg/L	14 mg/L	21 mg/L
Magnesio		13.5 mg/L	4.5 mg/L	9 mg/L
Nitratos		1.3 mg/L	1.3 mg/L	0.6 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.07 mg/L	0.12 mg/L	0.03 mg/L
Manganeso total		0.008 mg/L	0.007 mg/L	0.005 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 26		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	11:45	17/04/2024	13:30
Muestra #2	22/05/2024	11:00	22/05/2024	12:30
Muestra #3	26/06/2024	11:00	26/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.35 UNT	0.1 UNT	0.24 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.81	7.84	7.54
Conductividad		195.8 uS/cm	197.2 uS/cm	131.9 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		6.2 mg/L	7.1 mg/L	8.3 mg/L
Dureza total		40 mg/L	40 mg/L	40 mg/L
Sulfatos		2 mg/L	2 mg/L	2 mg/L
Calcio		14 mg/L	14 mg/L	14 mg/L
Magnesio		6 mg/L	6 mg/L	6 mg/L
Nitratos		1 mg/L	0.8 mg/L	1.1 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.12 mg/L	0.09 mg/L	0.03 mg/L
Manganeso total		0.006 mg/ L	0.005mg/ L	0.006 mg/ L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 27		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	10:55	17/04/2024	12:30
Muestra #2	22/05/2024	10:30	22/05/2024	14:30
Muestra #3	26/06/2024	10:31	26/06/2024	12:00
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.29 UNT	0.38 UNT	0.18 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.70	7.02	7.59
Conductividad		183.5 uS/cm	172.4 uS/cm	161.4 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		1.2 mg/L	5.1 mg/L	3.1 mg/L
Dureza total		70 mg/L	40 mg/L	30 mg/L
Sulfatos		20 mg/L	13 mg/L	12 mg/L
Calcio		24.5 mg/L	14 mg/L	1.5 mg/L
Magnesio		7.35 mg/L	6 mg/L	4.5 mg/L
Nitratos		0.8 mg/L	0.6 mg/L	1 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.05 mg/L	0.02 mg/L	0.01 mg/L
Manganeso total		0.005 mg/ L	0.004 mg/ L	0.006 mg/ L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 28		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	17/04/2024	09:36	17/04/2024	12:30
Muestra #2	22/05/2024	09:35	22/05/2024	12:30
Muestra #3	26/06/2024	13:10	26/06/2024	14:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.16 UNT	0.82 UNT	0.21 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.16	7.27	7.76
Conductividad		259 uS/cm	253 uS/cm	261 uS/cm
Cloro residual libre		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Cloruros		9.3 mg/L	10.7 mg/L	5.9 mg/L
Dureza total		90 mg/L	60 mg/L	60 mg/L
Sulfatos		17 mg/L	17 mg/L	5 mg/L
Calcio		31.5 mg/L	21 mg/L	21 mg/L
Magnesio		13.5 mg/L	9 mg/L	9 mg/L
Nitratos		1.3 mg/L	1.6 mg/L	0.8 mg/L
Nitritos		0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Hierro total		0.07 mg/L	0.28 mg/L	0.12 mg/L
Manganeso total		0.006 mg/ L	0.005 mg/ L	0.009 mg/ L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Pozo 29		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	11:12	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	9:45	24/05/2024	12:00
Muestra #3	28/06/2024	10:43	28/06/2024	2:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0,13 UNT	0.15 UTN	0,16 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7,73	7.60	7,06
Conductividad		163,6 µS/cm	163.2 µS/cm	162,8 µS/cm
Cloro residual libre		0	0 mg/L	0
Cloruros		2 mg/L	2 mg/L	2 mg/L
Dureza total		100 mg/L	80 mg/L	80 mg/L
Sulfatos		7 mg/L	5 mg/L	1 mg/L
Calcio		35 mg/L	28 mg/L	28 mg/L
Magnesio		15 mg/L	12 mg/L	12 mg/L
Nitratos		0,6 mg/L	0.8 mg/L	0.8 mg/L
Nitritos		0	0 mg/L	0
Hierro total		0,04 mg/L	0.04 mg/L	0,08 mg/L
Manganeso total		0.004 mg/L	0.005 mg/L	0.005 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Nacimiento 1		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	11:18	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	9:00	24/05/2024	12:30
Muestra #3	28/06/2024	9:45	28/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0.33 UNT	0,83 UNT	0,82 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7.46	7,2	7,55
Conductividad		244 µS/cm	245 µS/cm	242 µS/cm
Cloro residual libre		0	0	0
Cloruros		8,2 mg/L	18,7 mg/L	14,8 mg/L
Dureza total		120 mg/L	80 mg/L	120 mg/L
Sulfatos		12 mg/L	9 mg/L	14 mg/L
Calcio		42 mg/L	28 mg/L	42 mg/L
Magnesio		18 mg/L	12 mg/L	18 mg/L
Nitratos		2,3 mg/L	3,7 mg/L	3 mg/L
Nitritos		0	0	0
Hierro total		0,03 mg/L	0,14 mg/L	0,03 mg/L
Manganeso total		0.006 mg/L	0.005 mg/L	0.006 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Nacimiento 2		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	11:08	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	9:15	24/05/2024	12:30
Muestra #3	28/06/2024	10:20	28/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0,15 UNT	0,42 UNT	0,29 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7,22	7,25	7,51
Conductividad		253 µS/cm	252 µS/cm	252 µS/cm
Cloro residual libre		0	0	0
Cloruros		9,2 mg/L	14,5 mg/L	17,8 mg/L
Dureza total		140 mg/L	120 mg/L	120 mg/L
Sulfatos		13 mg/L	8 mg/L	11 mg/L
Calcio		49 mg/L	42 mg/L	42 mg/L
Magnesio		21 mg/L	18 mg/L	18 mg/L
Nitratos		1,9 mg/L	3,3 mg/L	2,6 mg/L
Nitritos		0	0	0
Hierro total		0,02 mg/L	0,06 mg/L	0,05 mg/L
Manganeso total		0.009 mg/L	0.009 mg/L	0.008 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Nacimiento 3		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	11:03	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	9:30	24/05/2024	12:30
Muestra #3	28/06/2024	10:15	28/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0,09 UNT	0,09 UNT	0,13 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7,21	7,24	7,59
Conductividad		237 µS/cm	241 µS/cm	239 µS/cm
Cloro residual libre		0	0	0
Cloruros		9,5 mg/L	15 mg/L	14,2 mg/L
Dureza total		120 mg/L	100 mg/L	100 mg/L
Sulfatos		12 mg/L	7 mg/L	11 mg/L
Calcio		42 mg/L	35 mg/L	35 mg/L
Magnesio		18 mg/L	15 mg/L	15 mg/L
Nitratos		2,4 mg/L	3,6 mg/L	3,8 mg/L
Nitritos		0	0	0
Hierro total		0,03 mg/L	0,15 mg/L	0,06 mg/L
Manganeso total		0.008 mg/L	0.008 mg/L	0.007 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Nacimiento 4		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	10:53	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	9:45	24/05/2024	12:30
Muestra #3	28/06/2024	10:30	28/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0,07 UNT	0,14 UNT	0,15 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7,16	7,3	7,54
Conductividad		203,8 µS/cm	206,5 µS/cm	203,4 µS/cm
Cloro residual libre		0	0	0
Cloruros		8,3 mg/L	11,9 mg/L	9 mg/L
Dureza total		100 mg/L	80 mg/L	160 mg/L
Sulfatos		8 mg/L	7 mg/L	5 mg/L
Calcio		35 mg/L	28 mg/L	56 mg/L
Magnesio		15 mg/L	12 mg/L	24 mg/L
Nitratos		2,3 mg/L	2,1 mg/L	2,6 mg/L
Nitritos		0	0	0
Hierro total		0,01 mg/L	0.17 mg/L	0,10 mg/L
Manganeso total		0.012 mg/L	0.009mg/L	0.010 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Nacimiento 5		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	10:42	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	10:00	24/05/2024	12:30
Muestra #3	28/06/2024	10:35	28/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0,21 UNT	0,13UNT	0,4 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7,19	7,25	7,48
Conductividad		196,1 µS/cm	195,3 µS/cm	196,4 µS/cm
Cloro residual libre		0	0	0
Cloruros		6,4 mg/L	8,9 mg/L	7,6 mg/L
Dureza total		100 mg/L	100 mg/L	120 mg/L
Sulfatos		10 mg/L	6 mg/L	12 mg/L
Calcio		35 mg/L	35 mg/L	42 mg/L
Magnesio		15 mg/L	15 mg/L	18 mg/L
Nitratos		2,1 mg/L	2,4 mg/L	1,6 mg/L
Nitritos		0	0	0
Hierro total		0,03 mg/L	0,08 mg/L	0,03 mg/L
Manganeso total		0.008 mg/L	0.007 mg/L	0.009 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Nacimiento 6		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	10:38	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	10:00	24/05/2024	12:30
Muestra #3	28/06/2024	12:30	28/06/2024	2:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0,19 UNT	0,09UNT	0,10 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7,21	7,23	7,39
Conductividad		241 µS/cm	181,7 µS/cm	180,4 µS/cm
Cloro residual libre		0	0	0
Cloruros		4,4 mg/L	6,6 mg/L	6,2 mg/L
Dureza total		100 mg/L	120 mg/L	80 mg/L
Sulfatos		9 mg/L	6 mg/L	15 mg/L
Calcio		35 mg/L	42 mg/L	28 mg/L
Magnesio		15 mg/L	18 mg/L	12 mg/L
Nitratos		1,9 mg/L	1,6 mg/L	1,5 mg/L
Nitritos		0	0	0
Hierro total		0,02 mg/L	0,09 mg/L	0,18 mg/L
Manganeso total		0.008 mg/L	0.008 mg/L	0.007 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Nacimiento 7		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	10:23	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	10:15	24/05/2024	12:30
Muestra #3	28/06/2024	10:50	28/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0,13 UNT	0,15 UNT	0,11 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7,25	7,26	7,49
Conductividad		173,2 µS/cm	172,4 µS/cm	172,6 µS/cm
Cloro residual libre		0	0	0
Cloruros		5,1 mg/L	8,4 mg/L	5,6 mg/L
Dureza total		100 mg/L	80 mg/L	100 mg/L
Sulfatos		8 mg/L	6 mg/L	8 mg/L
Calcio		35 mg/L	28 mg/L	35 mg/L
Magnesio		15 mg/L	12 mg/L	15 mg/L
Nitratos		1,9 mg/L	1,5 mg/L	2,4 mg/L
Nitritos		0	0	0
Hierro total		0,04 mg/L	0,22 mg/L	0,23 mg/L
Manganeso total		0.008 mg/L	0.006 mg/L	0.008 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Nacimiento 8		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	10:10	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	10:45	24/05/2024	12:30
Muestra #3	28/06/2024	11:10	28/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0,08 UNT	0,07 UNT	0,09 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7,13	7,25	7,49
Conductividad		175,9 µS/cm	174 µS/cm	176 µS/cm
Cloro residual libre		0	0	0
Cloruros		1,2 mg/L	6,8 mg/L	7,8 mg/L
Dureza total		100 mg/L	100 mg/L	100 mg/L
Sulfatos		8 mg/L	7 mg/L	7 mg/L
Calcio		35 mg/L	35 mg/L	35 mg/L
Magnesio		15 mg/L	15 mg/L	15 mg/L
Nitratos		1,8 mg/L	0,9 mg/L	1,9 mg/L
Nitritos		0	0	0
Hierro total		0,02 mg/L	0,01 mg/L	0,31 mg/L
Manganeso total		0.007 mg/L	0.006 mg/L	0.006 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Nacimiento 9		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	10:00	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	11:15	24/05/2024	12:30
Muestra #3	28/06/2024	11:20	28/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0,12 UNT	0,08 UNT	0,10 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7,22	7,42	7,44
Conductividad		191,2 µS/cm	188,1 µS/cm	201,4 µS/cm
Cloro residual libre		0	0	0
Cloruros		4,2 mg/L	9 mg/L	8,2 mg/L
Dureza total		100 mg/L	120 mg/L	100 mg/L
Sulfatos		10 mg/L	9 mg/L	4 mg/L
Calcio		35 mg/L	42 mg/L	35 mg/L
Magnesio		15 mg/L	18 mg/L	15 mg/L
Nitratos		1,3 mg/L	1,9 mg/L	2 mg/L
Nitritos		0	0	0
Hierro total		0,03 mg/L	0,11 mg/L	0,04 mg/L
Manganeso total		0.006 mg/L	0.008 mg/L	0.006 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Nacimiento 10		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	9:43	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	11:25	24/05/2024	12:30
Muestra #3	28/06/2024	11:35	28/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0,09 UNT	0,09 UNT	0,16 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7,18	7,42	7,50
Conductividad		203 µS/cm	195,4 µS/cm	188,6 µS/cm
Cloro residual libre		0	0	0
Cloruros		3 mg/L	9,3 mg/L	9,4 mg/L
Dureza total		100 mg/L	100 mg/L	100 mg/L
Sulfatos		6 mg/L	5 mg/L	12 mg/L
Calcio		35 mg/L	35 mg/L	35 mg/L
Magnesio		15 mg/L	15 mg/L	15 mg/L
Nitratos		1,1 mg/L	1,2 mg/L	1,2 mg/L
Nitritos		0	0	0
Hierro total		0,02 mg/L	0 mg/L	0,06 mg/L
Manganeso total		0.006 mg/L	0.008mg/L	0.007 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Nacimiento 11		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	11:45	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	9:15	24/05/2024	12:30
Muestra #3	28/06/2024	9:15	28/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0,30 UNT	1,75 UNT	0,68 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7,12	7,57	7,28
Conductividad		248 µS/cm	132,4 µS/cm	136,2 µS/cm
Cloro residual libre		0	0	0
Cloruros		2,7 mg/L	2,7 mg/L	2,7 mg/L
Dureza total		100 mg/L	60 mg/L	80 mg/L
Sulfatos		3 mg/L	9 mg/L	0 mg/L
Calcio		35 mg/L	21 mg/L	28 mg/L
Magnesio		15 mg/L	9 mg/L	12 mg/L
Nitratos		0,9 mg/L	1 mg/L	0,7 mg/L
Nitritos		0	0	0
Hierro total		0,03 mg/L	0,17 mg/L	0,15 mg/L
Manganeso total		0.008 mg/L	0.005 mg/L	0.005 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	5 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	3 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

Comentario: nótese el crecimiento de UFC de *Coliformes totales* y *Escherichia coli* en la 3ra. toma de muestra procesada, en relación con los resultados anteriores.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Nacimiento 12		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	12:00	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	9:30	24/05/2024	12:30
Muestra #3	28/06/2024	9:30	28/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0,32 UNT	0,30 UNT	0,20 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7,42	7,38	7,29
Conductividad		133,5 µS/cm	127,9 µS/cm	136,2 µS/cm
Cloro residual libre		0	0	0
Cloruros		2,1 mg/L	2,5 mg/L	1,7 mg/L
Dureza total		80 mg/L	60 mg/L	60 mg/L
Sulfatos		1 mg/L	5 mg/L	2 mg/L
Calcio		28 mg/L	21 mg/L	21 mg/L
Magnesio		12 mg/L	9 mg/L	9 mg/L
Nitratos		0,7 mg/L	1,4 mg/L	0,8 mg/L
Nitritos		0	0	0
Hierro total		0,05 mg/L	0,18 mg/L	0,08 mg/L
Manganeso total		0.007 mg/L	0.006 mg/L	0.006 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml

Fuente: Elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Hadasa Gómez, Yoselin Ruiz y Victoria Velásquez". Julio, 2024.

INFORME DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Información General del Sistema de Abastecimiento				
Prestador del servicio		Empresa Municipal Aguas de Xelajú		
Sitio de Muestreo		Nacimiento 13		
Control de la Calidad del Agua por el Programa de Análisis Mínimo				
	Fecha de captación	Hora de captación	Fecha de recepción	Hora de recepción
Muestra #1	19/04/2024	12:10	19/04/2024	12:30
Muestra #2	24/05/2024	8:45	24/05/2024	12:30
Muestra #3	28/06/2024	8:59	28/06/2024	12:30
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Color		<1	<1	<1
Turbiedad		0,21 UNT	0,26 UNT	0,23 UNT
Potencial de hidrógeno (pH)		7,34	7,66	7,28
Conductividad		130,5 µS/cm	132,3 µS/cm	128,9 µS/cm
Cloro residual libre		0	0	0
Cloruros		2,1 mg/L	0,6 mg/L	2,2 mg/L
Dureza total		80 mg/L	60 mg/L	60 mg/L
Sulfatos		1 mg/L	2 mg/L	4 mg/L
Calcio		28 mg/L	21 mg/L	21 mg/L
Magnesio		12 mg/L	9 mg/L	9 mg/L
Nitratos		1,2 mg/L	1,6 mg/L	1,2 mg/L
Nitritos		0	0	0
Hierro total		0,02 mg/L	0,02 mg/L	0,2 mg/L
Manganeso total		0.006 mg/L	0.006 mg/L	0.006 mg/L
Control Microbiológico de la Calidad del Agua				
Parámetro de calidad		Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
Coliformes totales		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	10 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>		0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	8 UFC/100 ml

Fuente: elaboración propia para la investigación titulada "Determinación Física, Química y Microbiológica de las Fuentes de Abastecimiento de Agua del Municipio de Quetzaltenango Conforme a la Norma COGUANOR NTG 29001". Elaborada por " Hadasa Gómez, Victoria Velásquez y Yoselin Ruiz". Julio, 2024.

Comentario: nótese el crecimiento de UFC de *Coliformes totales* y *Escherichia coli* en la 3ra. toma de muestra procesada, en relación con los resultados anteriores.

Discusión de Resultados

Para determinar el estado físico, químico y microbiológico de las 42 fuentes de agua que están bajo la supervisión de la Empresa Municipal Aguas de Xelajú (EMAX), se realizaron 3 series de muestreos por cada sitio, con un intervalo de 30 días entre cada uno, como lo requirió el Ingeniero a cargo del laboratorio de análisis de aguas de dicha empresa. Dos de estos muestreos fueron realizados en época seca, en el periodo comprendido entre abril y mayo, mientras que el tercero se realizó durante la época lluviosa, entre junio y julio a fin de obtener variantes en los resultados a consecuencia de las condiciones climáticas del municipio.

En relación a los resultados de los parámetros físicos y químicos, el 100% (42) de las fuentes de abastecimiento de agua cumplen con los criterios establecidos por el programa de análisis mínimo de la norma COGUANOR NTG 29001, (2013, p.11-12) en las 3 series de muestreo por cada sitio. Esto indica que el agua presenta un buen estado en términos de pH, conductividad, turbidez, y niveles de sustancias químicas como nitratos, nitritos, cloruros, sulfatos, hierro, dureza total, calcio, manganeso y magnesio. Por lo tanto, se confirma que la hipótesis de investigación “las evaluaciones físicas químicas y microbiológicas de las fuentes de abastecimiento de agua del municipio de Quetzaltenango cumplen la norma COGUANOR NTG 29001” sobre el cumplimiento de la normativa en los análisis físicos y químicos del agua proveniente de 13 nacimientos y 29 pozos es adecuada.

En relación a los resultados microbiológicos, las dos primeras series de muestras (época seca) obtuvieron valores que se apegan a la norma COGUANOR NTG 29001, (2013, p.10). al no presentar colonias.

Durante el tercer muestreo realizado en época lluviosa, todos los muestreos efectuados en pozos continuaron con la misma línea presentada en los dos anteriores (sin presencia de colonias); Sin embargo, se identificó contaminación microbiológica en dos de los trece nacimientos analizados, superando el límite de 0 UFC/100 ml establecido por la norma COGUANOR NTG 29001, (2013, p.10). Es importante mencionar que dichos nacimientos cuentan con una estructura diferente como se puede apreciar en las figuras 19 y 21 incluidas en anexos puesto que cuentan con una cubierta metálica. Específicamente, el primer nacimiento mostró 3 unidades formadoras de colonias (UFC) de *Escherichia coli* y 5 UFC de coliformes totales, mientras que el segundo presentó 8 UFC de *E. coli* y 10 UFC de coliformes totales. Para confirmar estos hallazgos y descartar posibles errores en el procesamiento de las muestras, se llevó a cabo un re-muestreo. Los resultados de este último análisis corroboraron la contaminación del agua, con la detección nuevamente de colonias de los mismos microorganismos en ambos nacimientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se encontró que el 4.76% de las fuentes de abastecimiento de agua (2 de 42) presentaron tanto presencia de Coliformes Totales como de E. coli. Esto indica que dicho porcentaje de fuentes contradice la hipótesis de investigación, debido a que los valores sobrepasan el límite máximo permisible estipulado por la norma COGUANOR NTG 29001.

Conclusiones

En cada uno de los puntos de muestreo a lo largo de las tres rondas, se analizaron 14 parámetros en total: 12 fisicoquímicos y 2 microbiológicos. Esto resultó en 1,512 análisis fisicoquímicos que cumplieron con la norma COGUANOR NTG 29001. En cuanto a los 252 análisis microbiológicos realizados, 4 de ellos presentaron resultados fuera de los límites permisibles. Por lo tanto, se concluye que:

- La hipótesis de investigación planteada para los análisis físicos y químicos es correcta, puesto que el agua proveniente de 13 nacimientos y 29 pozos sí cumple con la norma COGUANOR NTG 29001.
- Los resultados obtenidos revelan que en 2 de los nacimientos se detectaron *Coliformes totales* y *Escherichia coli*, lo cual no respalda la hipótesis de investigación planteada, puesto que se superan los límites máximos permisibles establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001.
- A lo largo de la investigación, evaluamos un total de 42 fuentes de agua que abastecen al municipio de Quetzaltenango, de las cuales el 95.24% cumplieron completamente con los parámetros establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001. Aunque identificamos contaminación microbiológica en 2 fuentes, esto representa una fracción mínima y no afecta el cumplimiento general del sistema de abastecimiento. Los resultados físicos y químicos cumplen en su totalidad, y las fuentes que presentaron problemas microbiológicos ya han sido identificadas para su tratamiento específico. Esto confirma nuestra hipótesis de que, en términos globales, las evaluaciones realizadas cumplen con las normativas exigidas.
- Cabe destacar que la Empresa Municipal Aguas de Xelajú, somete el agua a un riguroso proceso de cloración previo a su distribución. Este tratamiento asegura la eliminación de cualquier agente patógeno, garantizando así la calidad del agua que abastece al municipio de Quetzaltenango.

Recomendaciones

En base a este estudio se le recomienda a la Empresa Municipal Aguas de Xelajú:

- Monitorear el universo de fuentes de agua de manera constante para que las variaciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos permanezcan dentro de los rangos aceptables y no afecten la calidad del agua de manera significativa.
- Realizar un estudio exhaustivo para establecer las causas de contaminación particularmente en la época lluviosa y velar porque la calidad del agua cumpla con los requerimientos establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001.
- Capacitar o brindar charlas informativas a los residentes cercanos de los nacimientos de agua, para establecer medidas de protección en las áreas de recarga y evitar posibles fuentes de contaminación directa por diferentes factores.
- Considerar llevar a cabo los análisis complementarios de la norma COGUANOR NTG 29001, enfocándose en la verificación de metales pesados, dada la naturaleza volcánica de Quetzaltenango.

En base a este estudio se le recomienda a profesionales y académicos de carreras afín:

- Ejecutar un monitoreo y control de la calidad del agua desde su origen, incluyendo depósitos y tanques que pueden actuar como reservorios de microorganismos, hasta su punto de distribución final.
- Realizar estudios que apoyen esta investigación utilizando distintas normativas y métodos que permitan corroborar los resultados obtenidos.

Bibliografía

Acebo-González, D., & Hernández-García, A. T. (2013). Los métodos Turbidimétricos y sus aplicaciones en las ciencias de la vida. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(1). Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181226886003.pdf>

Asamblea Constituyente. (1985) CONSTITUCION POLITICA DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA. Régimen Municipal. Obtenido de: <https://www.contraloria.gob.gt/wp-content/uploads/2018/02/1-CONSTITUCION-POLITICA-1985.pdf>

Asamblea General ONU. (2010). 64/292. *El derecho humano al agua y el saneamiento*. Obtenido de <https://www.ohchr.org/es/water-and-sanitation/about-water-and-sanitation#:~:text=El%2028%20de%20julio%20de,RES%2F64%2F292>).

Baird, R., & Bridgewater, L. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23rd edition. Washington, D.C., American Public Health Association.

Biblioteca Nacional del Congreso de Chile. (16 de noviembre de 2016). *Calidad del Agua*. Recuperado el 14 de junio de 2024 de <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>

Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) (6 de abril de 2022). *Water Sources*. Recuperado el 14 de junio de 2024 de https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water_sources.html

Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). (2013). *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001. Especificaciones para Agua Potable*. Obtenido de <https://www.copresam.gob.gt/wp-content/uploads/2021/01/Norma-Tecnica-Guatemalteca-NTG29001.pdf>

Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR NTG 29006). (2011). *Agua para consumo humano (agua potable). Recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras. Generalidades*. Obtenido de: <https://labind.com/wp-content/uploads/2019/02/COGUANOR-NTG-29-006.pdf>

Congreso de la República de Guatemala. (2002). *Código Municipal Decreto Numero 12-2002*. Obtenido de: <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6698.pdf>

Congreso de la República de Guatemala. (1997). *Código de Salud, Decreto No. 90-97*. Obtenido de: <https://platform.who.int/docs/default-source/mca-documents/policy-documents/law/GTM-AD-28-01-LAW-1997-esp-Decreto-90-97-Codigo-de-salud.pdf>

Congreso de la Republica (2021). *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Quetzaltenango y sus reformas 01-2019 y 02-2021*. (P.16)

Colom, A. (2009). “*reglamento de normas sanitarias para la administración, construcción, operación y mantenimiento de los servicios de abastecimiento de agua para consumo humano*”, *Acuerdo Gubernativo 113-2009*. Obtenido de: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/gua196717.pdf>.

Díaz, N. A., Ruiz, J. A. B., Reyes, E. F., Cejudo, A. G., Novo, J. J., Peinado, J. P.,... & Fiñana, I. T. (2010). Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. *Universidad de Córdoba*, 1-8. Obtenido de: https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf

EMAX. (2017). *Reglamento de prestación del servicio público de agua potable en el municipio de Quetzaltenango, departamento de Quetzaltenango. Empresa municipal “Aguas de Xelajú”*.

Espigares García, M. y Pérez López, J., *Aguas Residuales Composición*, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua, p. 22, 29 2003.

Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*. 11(3), 148.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (3 de julio de 2017).
Propiedades del Agua. Agua.org.mx. <https://agua.org.mx/propiedades-derl-aa/>

Fundación para la Conservación del Agua de la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA). (2022). *Informe del estado del agua de la Región Metropolitana de Guatemala 2022: el agua nos une*. Recuperado el 14 de junio de 2024 de <https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2022/03/Informe-del-agua-2022-version-digital.pdf>

Fundación para la Conservación del Agua de la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA). (s.f.). *Aguas subterráneas un valioso recurso*. Recuperado el 14 de junio de 2024 de <https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2020/04/SF.-Aguas-subterr%C3%A1neas-un-valioso-recurso.pdf>

Fuentes Yagüe, J. (1993). *Aguas Subterráneas*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Recuperado el 11 de junio de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_01.pdf

González, L. (2009). *Análisis de Costos de Pruebas Físico-químicas y Bacteriológicas del Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa Municipal Aguas de Xelajú (EMAX)*. Quetzaltenango.

Gramajo Cifuentes, B. (2004). *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, obtenido de pozos mecánicos en la zona 11, México-Guatemala*. Universidad San Carlos de Guatemala

Gutiérrez, F. (2017) Quetzaltenango, Historias de su Historia. *Origen del Municipio de Quetzaltenango*. (P. 34-36). Recuperado de: <https://desdelocal.com/wp->

content/uploads/2020/05/Historia.pdf

HACH (2024). *Medidores portátiles de la serie HQ*. Recuperado el 22 de mayo de 2024. <https://latam.hach.com/serie-hq-medidores-hqd-sondas-intellical/medidores-portatiles-de-la-serie-hq/family?productCategoryId=58612215467>

HACH (2024). *DR3900: Espectrofotómetro de Laboratorio para Análisis de Agua*. Recuperado el 22 de mayo de 2024. <https://latam.hach.com/espectrofotometros/dr3900-espectrofotometro-de-laboratorio-para-analisis-de-agua/family?productCategoryId=54617006122>

Hernández de León, G. (2005). *Administración Municipal Actual del Recurso Agua en los Municipios de la Parte Alta de Quetzaltenango*, Universidad Rafael Landívar

Instituto Nacional de Estadística (2020). Estimaciones y proyecciones de la población total según sexo y edad. Departamento Quetzaltenango, municipio Quetzaltenango. Período 2015 – 2030.

Organización Internacional de Normalización. (2006). ISO 19458:2006: *del agua, Muestreo para el análisis microbiológico*. <https://www.iso.org/standard/33845.html>

Manchineli, M. (2014) “*Organización Empresarial (Producción de Maíz) Proyecto: Producción de Melocotón*”. http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0851_v17.pdf

Ministerio de Economía. (2017). *Perfil Departamental Quetzaltenango. Agua Potable*. p.22. Obtenido de: <https://docplayer.es/94371679-Departamento-de-quetzaltenango.html>

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2009). *Acuerdo Gubernativo 178-2009 “Reglamento para la Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Proyectos de abastecimiento”*. <https://www.ecosistemas.com.gt/wp-content/uploads/2015/07/05-Acuerdo-gubernativo-178-2009-Reglamento-certificacion-calidad-del-agua.pdf>

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2013). Acuerdo Ministerial No. 523-2013. Guatemala. “Manual De Especificaciones para la Vigilancia y El Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano” Obtenido de: <https://www.copresam.gob.gt/wp-content/uploads/2021/01/Acuerdo-Ministerial-523-2013.-Manual-de-Especificaciones-para-la-Vigilancia-y-Control-de-la-Calidad-del-Agua.pdf>

Monroy Xuruc, N. (Julio de 2011). *Análisis de la situación jurídica actual de los recursos hídricos en la república de Guatemala y la necesidad de crear la ley de aguas y rectoría del recurso hídrico*, Universidad de San Carlos de Guatemala

Normalización Española. (2023). *Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo y técnicas de muestreo. (ISO 5667-1:2023)*. Obtenido de: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0072458>

Organización Mundial de la Salud. (2017). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. 4ta. Ed. Ginebra.

Organización de las Naciones Unidas. (2010). *Acerca del agua y el saneamiento*. Obtenido de <https://www.ohchr.org/es/water-and-sanitation/about-water-and-sanitation#:~:text=El%2028%20de%20julio%20de,RES%2F64%2F292>).

Orellana, J. (2005). *Características del agua potable*. Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO, 3,7. Recuperado el 11 de junio de http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf

Organización Mundial de la Salud (septiembre de 2023). *Agua para consumo humano*. Recuperado el 14 de junio de 2024 de <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/drinking-water>

Real Academia Española (2014). Agua. En *Diccionario de la lengua española* (23^a ed.).

Recuperado en 13 de junio de 2024, de <https://dle.rae.es/agua>

Sac, O. (2005). *Evaluación Físicoquímica y Microbiológica para determinar la calidad de los Abastecimientos de Agua Potable de la Nueva Red de Distribución de la Zona Media Urbana de Quetzaltenango y Propuesta de un Sistema de Cloración*. [Tesis para optar a grado de ingeniería].

Universidad San Carlos de Guatemala.

Telleria, N. (2021). *Electroquímica y sus Aplicaciones en la Química Analítica*. Advance.

Recuperado el 18 de junio de 2024. <https://somosadvance.com/expertise/electroquimica-aplicaciones/>.

Universidad Politécnica de Cartagena (s.f.). *Análisis de Aguas*. Recuperado el 9 de junio de 2024 de https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf

Vera, M. (2007). Química General. *Pilas Electroquímicas Celdas Galvánicas y Celdas Electrolíticas*. (Pág. 3).

https://exa.unne.edu.ar/quimica/quimgeneral/temas_parciales/unidad_10_Electroquimica2007.pdf

Washington Department of Health (2016). *Nitratos en el Agua Potable*. Recuperado el 15 de junio de 2024 de <https://doh.wa.gov/sites/default/files/legacy/Documents/Pubs//331-214s.pdf>

Anexos

Cuadro 1. Características físicas y organolépticas que debe tener el agua para consumo humano

Características	LMA	LMP
Color Olor	5,0 u	35,0 u ^(a)
Turbiedad	No rechazable 5,0	No rechazable 15,0
Conductividad eléctrica	UNT	UNT ^(b)
Potencial de hidrógeno	750 \square S/cm	1500 \square S/cm ^(d)
Sólidos totales disueltos	7,0-7,5	6,5-8,5 ^{(c) (d)}
	500,0 mg/L	1000,0 mg/L

(a) Unidades de color en la escala de platino-cobalto
(b) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).
(c) En unidades de pH
(d) Límites establecidos a una temperatura de 25°C.

LMA: límite máximo aceptable LMP: límite máximo permisible

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). (2013). Norma COGUANOR NTG 29001. Características físicas y organolépticas para la calidad del agua potable.

Cuadro 2. Características químicas que debe tener el agua para consumo humano

Características	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre ^(a) Cloruro (Cl ⁻)	0,5 100,0	1,0 250,0
Dureza Total (CaCO ₃) Sulfato (SO ⁻) ⁴	100,0 100,0	500,0 250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca) Cinc (Zn) Cobre (Cu)	75,0 3,0	150,0 70,0
Magnesio (Mg)	0,050	1,500
Manganeso total (Mn) Hierro total (Fe) ^(b)	50,0 0,1 0,3	100,0 0,4 ----

a) El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia.
b) No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.

LMA: límite máximo aceptable LMP: límite máximo permisible.

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). (2013). Norma COGUANOR NTG 29001. Características Químicas para la calidad del agua potable.

Cuadro 3. Relación de las sustancias inorgánicas cuya presencia en el agua es significativa para la salud

Substancia	LMP (mg/L)
Arsénico (As)	0,010
Bario (Ba) Boro	0,70
(B) Cadmio (Cd)	0,30
Cianuro (CN ⁻)	0,003
Cromo total (Cr)	0,070
Mercurio total (Hg)	0,050
Plomo (Pb) Selenio	0,001
(Se) Nitrato (NO ₃ ⁻)	0,010
Nitrito (NO ₂ ⁻)	0,010
	50,0
	3,0

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). (2013). Norma COGUANOR NGO 29001. Parámetros químicos para la calidad del agua potable.

Cuadro 4. Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua

Microorganismos	Límite Máximo Permissible
Agua para consumo directo Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua
Agua tratada en el sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). (2013). Norma COGUANOR NGO 29001. Valores guía para verificación de la calidad microbiológica

Ficha de control de muestras para análisis microbiológico

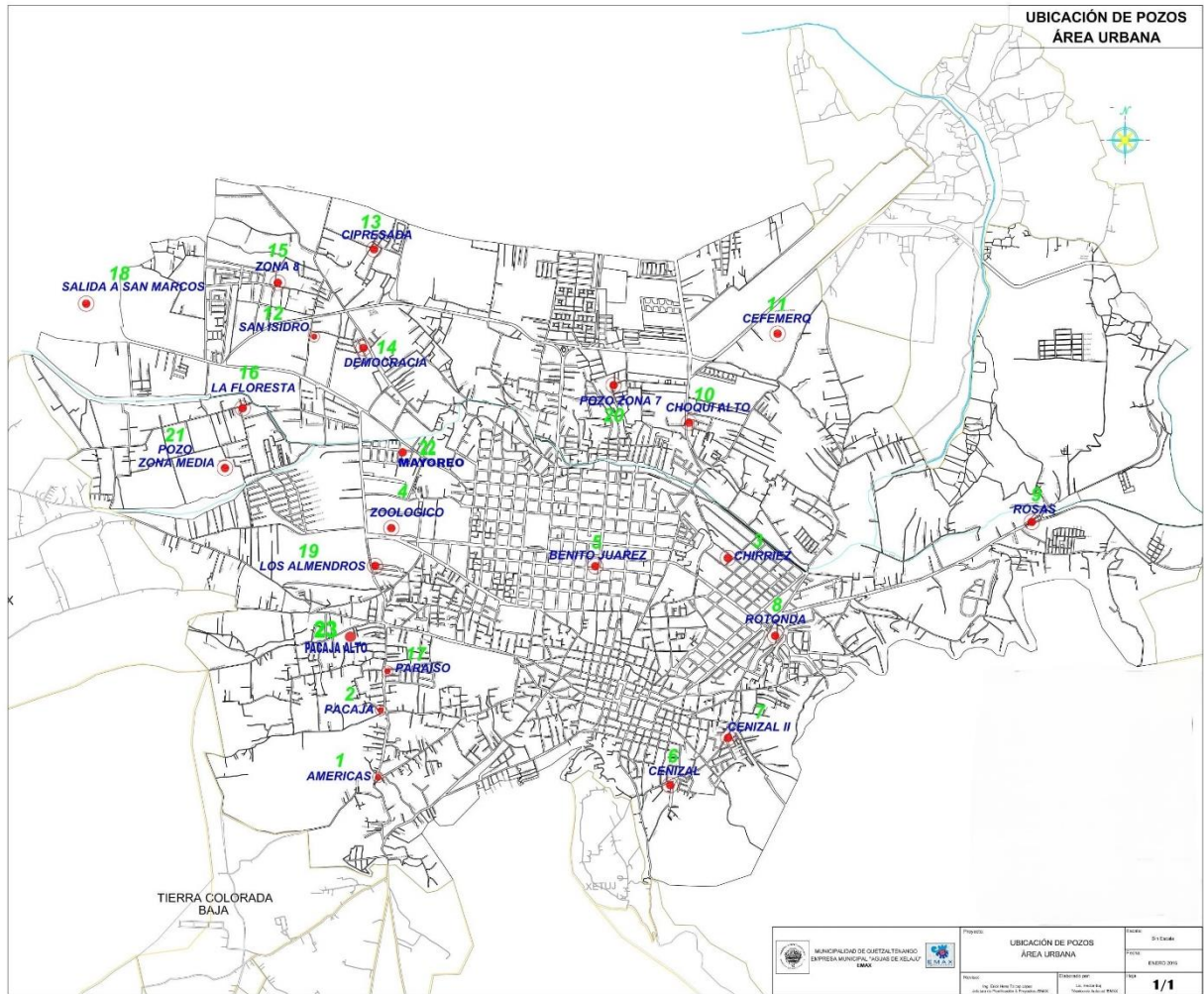
Número de muestreo: _____

Fecha: _____

No. De muestra	Sitio de muestreo	Análisis	Fecha de inicio de incubación	Fecha de final de incubación	No. De colonias	COGUANOR NTG 29001 0UFC/ 100 ml
		Escherichia coli				
		Coliformes totales				
		Escherichia coli				
		Coliformes totales				
		Escherichia coli				
		Coliformes totales				
		Escherichia coli				
		Coliformes totales				
		Escherichia coli				
		Coliformes totales				

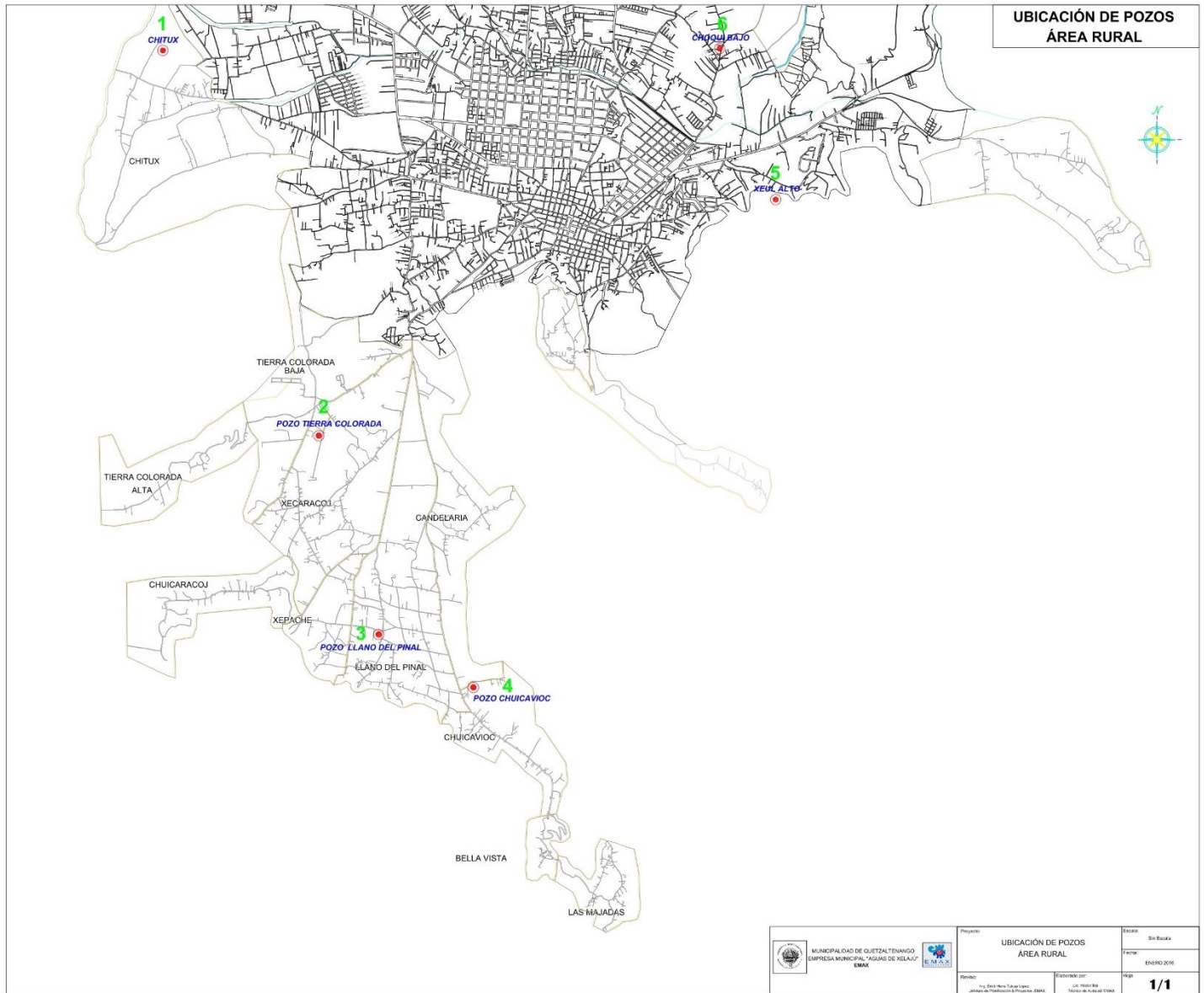
Figura 1.

Mapa de pozos ubicados en área urbana



UBICACIÓN DE LOS POZOS EN FUNCIONAMIENTO	
Nombre	Estado Actual
POZOS EN AREA URBANA	
Américas	● Pozo en Funcionamiento
Pacajá	● Pozo en Funcionamiento
Chirriés	● Pozo en Funcionamiento
Zoológico	● Pozo en Funcionamiento
Benito Juárez	● Pozo en Funcionamiento
Cenizal I	● Pozo en Funcionamiento
Cenizal II	● Pozo en Funcionamiento
Rotonda	● Pozo en Funcionamiento
Las Rosas	● Pozo en Funcionamiento
Choqui Alto Zona 6	● Fuera de Funcionamiento
Cefemerq	● Pozo en Funcionamiento
San Isidro	● Pozo en Funcionamiento
Cipresada	● Pozo en Funcionamiento
La Democracia	● Pozo en Funcionamiento
Zona 8	● Pozo en Funcionamiento
La Floresta	● Pozo en Funcionamiento
Paraiso	● Pozo en Funcionamiento
Salida a San Marcos	● Pozo en Funcionamiento
Los Almendros	● Pozo en Funcionamiento
Zona 7	● Pozo en Funcionamiento
Zona Media	● Pozo en Funcionamiento
Mayoreo	● Pozo en Funcionamiento
Pacajá Alto	● Pozo en Funcionamiento

Figura 2.
Mapa de pozos ubicados en área rural

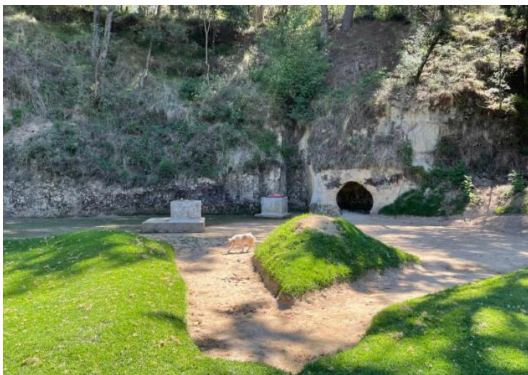


 MUNICIPALIDAD DE QUETZALATENANGO EMPRESA MUNICIPAL "AGUAS DE XELAU" EMAX	 Proyecto: UBICACIÓN DE POZOS ÁREA RURAL	Estado: Sin Rivalta
		Fecha: ENERO 2016
Periodo: 1ro. Ene. - 31 de Dic. 2016	Elaborado por: LA FICER SA Unidad de Asesoría Técnica	Hoja: 1/1

Nombre	Estado Actual
POZOS AREA RURAL	
Chitux	● Pozo en funcionamiento
Tierra Colorada	● Pozo en funcionamiento
Llano del Pinal	● Pozo en funcionamiento
Chuicavioc	● Pozo en funcionamiento
Xeu Alto	● Pozo en funcionamiento
Choqui Bajo	● Pozo en funcionamiento

Figura 4.*Captación de muestra de agua en pozos***Figura 5.***Captación de muestra de agua en pozos***Figura 6.***Captación de muestra de agua en pozos***Figura 7.***Captación de muestra de agua en pozos***Figura 8.***Medición de parámetros in situ***Figura 9.***Transporte de muestras*

Figura 10.*Procesamiento de muestras***Figura 11.***Procesamiento de muestras***Figura 12.***Procesamiento de muestras***Figura 13.***Procesamiento de muestras***Figura 14.***Proceso de esterilización***Figura 15.***Frascos para muestreos*

Figura 16.*Nacimientos San Juan Ostuncalco***Figura 18.***Nacimientos Santa Rita***Figura 20.***Toma de muestra en nacimientos***Figura 17.***Nacimientos San Juan Ostuncalco***Figura 19.***Nacimientos Santa Rita***Figura 21.***Toma de muestra en nacimientos*