

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**



**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA
POTABLE QUE SE DISTRIBUYE EN EL MUNICIPIO
DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO**

Jesse Cardenas Garrido

Químico Farmacéutico

Guatemala, abril de 2016

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA
POTABLE QUE SE DISTRIBUYE EN EL MUNICIPIO
DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO**



Informe de Tesis

Presentado por:

Jesse Cardenas Garrido

**Para optar al título de
Químico Farmacéutico**

Guatemala, abril de 2016

JUNTA DIRECTIVA

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda	Decano
Licda. Elsa Julieta Salazar Meléndez de Ariza, M.A.	Secretaria
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	Vocal I
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Andreina Delia Irene López Hernández	Vocal IV
Br. Carlo Andrea Betancourt Herrera	Vocal V

ACTO QUE DEDICO

A DIOS:

Por estar siempre a mi lado en los momentos buenos y malos, con su amor infinito y sobre todo ser el centro de apoyo en los momentos difíciles, los cuales sin su ayuda no los hubiera logrado superar y no estuviera regocijándome de alegría al completar esta meta en mi vida.

A MI MADRE:

Zoila Esperanza Garrido Catalán por su consejos, regaños, apoyo en todo momento y por ser fuente de inspiración cada día para ser una mejor persona pero especialmente por su amor.

A MI PADRE:

Arnoldo Cárdenas Jerez por su cariño, confianza, apoyo, consejos, regaños y sobre todo por sus sacrificios para permitirme llegar a cumplir esta meta.

A MIS HERMANAS:

Jaqueline Cárdenas Garrido, Zoila Judith Cárdenas Garrido y Sindy Iveth Cárdenas Garrido, por todo su cariño, confianza y apoyo en todo momento de mi vida. Este triunfo es de todos.

A MI HERMANO:

Carlos Arnoldo Cárdenas Garrido (†) que aunque no convivimos te llevo en mi corazón y estoy seguro que estas disfrutando este triunfo tanto como yo.

MI SOBRINA:

Margareth Isabella Arana Cárdenas por traer alegría a nuestras vidas.

A MIS ABUELOS:

Rogelio Cárdenas Argueta (†), Gilberta Jerez Pérez (†), Rosalio Garrido Carrera (†) y María Petrona Catalán Ramírez (†). Por cuidarme y protegerme cada día que viaje en el transcurso de la carrera.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por darme vida, salud y mucha sabiduría para poder culminar esta etapa en mi vida. Gracias porque sé que sin tu ayuda esto no sería posible.

A MIS PADRES: Gracias por educarme como lo hicieron, porque sin esa base estoy seguro que esto no fuera posible, gracias por todo su amor, apoyo y ejemplos, especialmente gracias por ayudarme a levantarme cuando tropezaba y no permitir que cayera hacia el abismo.

A MIS HERMANAS: Gracias por su cariño, apoyo y sobre todo por estar siempre a mi lado y ser mis fuentes de inspiración para ser un mejor hombre.

A MI NOVIA: Claudia Yvonne Morales Peñalongo por apoyarme y motivarme a culminar esta etapa en mi vida, pero especialmente por su amor y comprensión brindado hacia mi persona.

A MIS TÍOS: Gracias por su apoyo incondicional en especial a Tío Calin.

A MIS AMIGOS (AS): Gracias a cada uno de ellos (as) por su apoyo y motivación a seguir adelante para poder alcanzar esta meta, siempre estarán en mi corazón.

A MI ASESORA: Licda. Julia Amparo García Bolaños por su apoyo y consejos en la realización de este trabajo de tesis.

A MIS REVISORAS: Licda. Mabel Rosado por tomarse el tiempo de revisar el protocolo de este trabajo de tesis. Licda. Aylin Evelyn Santizo Juárez por tomarse el tiempo de revisar el informe final de este trabajo de tesis.

A MIS CATEDRÁTICOS: Gracias por su tiempo invertido, por su apoyo y por todos sus conocimientos compartidos, los cuales fueron fundamentales para que pudiera cumplir con este objetivo.

A LA USAC: Mi Alma Mater por ser el centro de aprendizaje y en especial a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, por permitirme ser parte de sus aulas y formarme como un profesional productivo para el país.

ÍNDICE

1. Resumen.....	01
2. Introducción.....	02
3. Antecedentes.....	03
3.1. Datos geográficos e históricos del municipio de Zaragoza.....	03
3.2. Importancia de la calidad del agua en el consumo humano.....	05
3.3. Implicaciones en la salud por agentes patógenos en el agua.....	06
3.4. Principales parámetros para definir la calidad del agua para consumo humano.....	08
3.4.1. Parámetros Físicos.....	08
3.4.1.1. Turbidez.....	08
3.4.1.2. Color.....	09
3.4.1.3. Olor y sabor.....	09
3.4.1.4. Conductividad y resistividad.....	09
3.4.1.5. Potencial de Hidrógeno (pH).....	10
3.4.2. Parámetros Químicos.....	10
3.4.2.1. Alcalinidad.....	10
3.4.2.2. Cloruros.....	11
3.4.2.3. Sulfatos.....	11
3.4.2.4. Nitratos.....	11
3.4.2.5. Fosfatos.....	12
3.4.2.6. Fluoruros.....	12
3.4.2.7. Sílice.....	13
3.4.2.8. Bicarbonatos y carbonatos.....	13
3.4.3. Parámetros Bacteriológicos.....	13
3.4.4. Parámetros Radiológicos.....	14
3.5. Procesos para la potabilización del agua.....	15
3.5.1. Sedimentación.....	15
3.5.2. Filtración.....	16
3.5.3. Aeración.....	17
3.5.4. Métodos Físicos.....	18

3.5.4.1.	Filtración.....	18
3.5.4.2.	Ebullición.....	18
3.5.4.3.	Rayos ultravioleta.....	18
3.5.5.	Métodos Químicos.....	18
3.5.5.1.	Ozono.....	18
3.5.5.2.	Yodo.....	19
3.5.5.3.	Plata.....	19
3.5.5.4.	Cloro.....	19
3.6.	Estudios realizados en los distintos departamentos de Guatemala.....	20
4.	Justificación.....	23
5.	Objetivos.....	24
5.1.	Objetivo general.....	24
5.2.	Objetivos específicos.....	24
6.	Hipótesis.....	25
7.	Materiales y Métodos.....	26
7.1.	Universo de trabajo.....	26
7.2.	Muestra.....	26
7.3.	Medios.....	26
7.3.1.	Recursos humanos.....	26
7.3.2.	Recursos materiales.....	26
7.3.2.1.	Material y equipo.....	26
7.3.2.2.	Reactivos.....	27
7.3.3.	Procedimiento.....	28
7.4.	Método.....	28
7.4.1.	Toma de muestras.....	28
7.4.2.	Número de muestras por recolectar.....	29
7.4.3.	Ubicación de los sitios de muestreo.....	29
7.4.4.	Análisis físicos de la calidad del agua.....	29
7.4.4.1.	Olor.....	29
7.4.4.2.	Color.....	30
7.4.4.3.	Turbidez.....	30

7.4.4.4. Sabor.....	31
7.4.5. Análisis químicos de la calidad del agua.....	31
7.4.5.1. Dureza total.....	31
7.4.5.2. Potencial de Hidrógeno (pH).....	31
7.4.5.3. Nitratos.....	32
7.4.5.4. Metales pesados.....	32
7.4.5.5. Cloro residual.....	34
7.4.6. Examen bacteriológico.....	34
7.4.7. Diseño de investigación.....	35
7.4.7.1. Número de réplicas y diseño de muestreo.....	35
7.4.7.2. Análisis de resultados.....	35
8. Resultados.....	36
8.1. Análisis Físicoquímicos.....	36
8.2. Análisis Microbiológicos.....	37
9. Discusión de Resultados.....	39
10. Conclusiones.....	44
11. Recomendaciones.....	45
12. Referencias.....	46
13. Anexos.....	50

1. RESUMEN

Se realizó esta investigación con el fin de conocer la calidad del agua que se distribuye en el casco urbano del municipio de Zaragoza, Chimaltenango, para llevar a cabo la investigación se muestrearon dos tanques de distribución tanto para las pruebas fisicoquímicas como para las pruebas bacteriológicas, haciendo un total de 10 muestras analizadas.

Entre los parámetros físicos analizados se incluye: olor, color, turbidez y sabor, pues proporcionan información valiosa sobre la calidad del agua.

Entre los parámetros químicos analizados esta la determinación de pH, concentración de nitratos, cloro residual, dureza total y también se determinaron metales pesados por medio de un análisis cualitativo, utilizando la metodología descrita en la USP XXXIV. En ninguna de las muestras analizadas se observó la presencia de metales pesados, según la metodología.

El agua analizada, si cumple con los parámetros fisicoquímicos tanto con la norma COGUANOR 29 001 y USP XXXIV; ya que todos los resultados de los análisis, se encuentran dentro del rango establecido.

Según los resultados de los análisis realizados, durante el mes de enero y primer semana de febrero del año 2014, el agua no es apta para el consumo humano, debido a que no todas las muestras analizadas cumplen en los aspectos bacteriológicos según lo establecido por la Norma COGUANOR 29 001.

Debido a que el agua analizada no cumple con los parámetros bacteriológicos, según el método de tubos múltiples, deberá ser clorada para que sea apta para el consumo de los habitantes, que hacen uso de la misma, ya que el agua al tener microorganismos fecales transmite enfermedades gastrointestinales y puede ser un riesgo mortal en la población principalmente inmunocomprometida y/o infantil.

2. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos principales para todo ser vivo, ya que sin ella no existiría la vida, ocupa tres cuartas partes de la superficie terrestre y es constituyente del 50 al 70 % de los organismos; de allí radica su importancia tanto geológica como biológica; por ello es necesario que su calidad fisicoquímica sea la adecuada. Es indispensable desde el punto de vista sanitario y epidemiológico que la población humana cuente con servicio de agua potable, porque la mayoría de las enfermedades intestinales de origen parasitario, son transmitidas por el agua. Dentro de las enfermedades más comunes transmitidas por el agua se encuentran: cólera, fiebre tifoidea y paratifoidea, disentería bacilar y amebiana, diarrea, hepatitis infecciosa, parasitismo, filariasis, malaria, tripanosomiasis, oncocercosis, schistosomiasis, tracoma, conjuntivitis y ascariasis; entre otras, por lo que la prevalencia de estas enfermedades se encuentra íntimamente relacionada con la calidad del agua.

Para considerar la potabilidad del agua es necesario evaluar si ésta reúne las condiciones siguientes; organolépticas y físicas: Ser clara, inolora, incolora, sabor ligeramente fresco, exenta de materias viscosas y materias vegetales, químicas: Exenta de amoníaco, sulfuros y metales pesados, microbiológicas: Coliformes totales y *E. coli*, no deben ser detectables en 100 mL de agua potable; según norma COGUANOR NGO 29:001.

El objetivo de este estudio fue conocer si el agua que consume el casco urbano de la población del municipio de Zaragoza, Chimaltenango, es potable para lo cual se hizo un muestreo de diferentes puntos del sistema de distribución, los cuales fueron dos tanques, a estos se les realizó análisis fisicoquímicos (olor, color, turbidez, sabor, dureza total, pH, nitratos, metales pesados, cloruros) y microbiológicos (Coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*), los resultados se compararon con las normas COGUANOR NGO 29:001 y USP 34.

3. ANTECEDENTES

3.1. Datos geográficos e históricos del municipio de Zaragoza

Zaragoza según la historia era un valle llamado Chicaj luego fue conocido con el nombre de Chicoj o Chixoc, que en lengua Cakchiquel quiere decir: Francisco Oj, quien era un cacique Cakchiquel de reconocido mando, persona que era el dueño de estas tierras en la época pre-colonial en el año de 1711, se le conoció también como el Valle de los Duraznos. (Mineduc Chimaltenango. 2010).

En el año de 1761 vinieron a radicarse varias familias españolas al lugar, quienes designaron una comisión para gestionar al gobierno precedido por Don Alfonso de Heredia, la creación oficial del pueblo, a lo cual accedió, nombrándole Valle de Nuestra Señora del Pilar de Heredia, sin embargo muchos años después, por acuerdo gubernativo de 27 de enero de 1892, queda establecido el municipio de Zaragoza, cuyo nombre se debe a que la mayoría de los españoles radicados eran oriundos de la Villa de Zaragoza, España; entre de los que se encontraba la Princesa Zara, bella dama, distinguida e influyente, quien se empeñó en lograr que el municipio se llamara así. (Mineduc Chimaltenango. 2010).

Cabe mencionar que al promulgarse la Constitución Política del Estado de Guatemala a 11 de Octubre de 1825, se declaran los pueblos que integran el territorio, apareciendo entonces este municipio en el distrito No. 8 (Sacatepequez), dentro del circuito denominado Chimaltenango.

Por decreto de la asamblea constituyente del 12 de Septiembre de 1839, este municipio queda dentro de la jurisdicción departamental de Chimaltenango, hasta la fecha. Zaragoza es una comunidad predominantemente ladina. (Mineduc Chimaltenango. 2010).

Una de las referencias más antiguas del periodo hispánico, está en el Compendio de la Historia que por la primera década del siglo XIX escribió el bachiller, sacerdote Domingo Juarros, en el sentido que era villa de ladinos perteneciente al curato de Patzicía en el partido de Chimaltenango.

Si bien la cabecera conforme a información recabada tenía cuatro barrios, que se denominaban localmente cantones, de nombres Nazareno, La Cruz, El Rastro y El Calvario, para los no indígenas dichas subdivisiones tienen solo un valor práctico en asuntos tales

como distribución de correspondencia así como para otros fines administrativos y gubernamentales. No se sabe con exactitud cuando estos cantones cambiaron de nombre a El Salitre, Reforma, San Antonio y Las Tunas que en la actualidad corresponden a las zonas uno, dos, tres y cuatro respectivamente. (Mineduc Chimaltenango. 2010).

3.1.1 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

Zaragoza se encuentra situado en la parte central del departamento de Chimaltenango, en la Región V o Región Central. Se localiza en una latitud Norte 17° 39' 00'' y una longitud Oeste de 90° 53' 26''; a una altura de 1849 metros sobre el nivel del mar. (Marroquín, O. 2009).

El municipio de Zaragoza, Chimaltenango, está colindado de la siguiente forma:

- NORTE: colinda con Santa Cruz Balanyá y Comalapa
- SUR: colinda con San Andrés Itzapa
- ESTE: colinda con Chimaltenango
- OESTE: colinda con Santa Cruz Balanyá y Patzicía. (Marroquín, O. 2009).

3.1.2 EXTENSIÓN TERRITORIAL

El municipio de Zaragoza cuenta con una extensión territorial de 56 Km², dista de la cabecera departamental 13 Kms y de la ciudad capital 64 Kms el casco urbano cuenta con una extensión aproximada de 1.5 Km². (Marroquín, O. 2009).

3.1.3 HIDROGRAFÍA

Riegan sus suelos los siguientes ríos:

- | | |
|-----------------|-------------------|
| 1. Balanyá | 9. Las Áreas |
| 2. Blanco | 10. Las Nieves |
| 3. De la Virgen | 11. Palocón |
| 4. Coloyá | 12. Pixcayá |
| 5. Chicoy | 13. Pachoj |
| 6. El Tránsito | 14. Sacsiguan |
| 7. El Sitán | 15. San Francisco |
| 8. Los Chilares | |

(Marroquín, O. 2009).

Tabla No.1 División política y Demografía del municipio de Zaragoza.

DIVISIÓN POLÍTICA			
<u>Aldeas</u>	<u>Caseríos</u>	<u>Colonias</u>	<u>Fincas</u>
Las Lomas	Hierba Buena	El Pilar	Los Jutes
Puerta Abajo	Laguna Seca	Las Ilusiones	
Agua Dulce	El Perique	Lo de Pérez	
Mancheren		Nueva Esperanza	
Las Colmenas			
El Cuntic			
Rincón Grande			
Joya Grande			
Potrerillos			
Rincón Chiquito			
Tululché			
El Llano			
DEMOGRAFÍA			
Área Urbana		9,176 habitantes	
Área Rural		13,574 habitantes	
<u>Total</u>		<u>22,750 habitantes</u>	

Fuente: Marroquín, O. 2009.

3.2. Importancia de la calidad del agua en el consumo humano

El agua para consumo humano ha sido definida en las *Guías para la calidad del agua potable* de la Organización Mundial de la Salud (OMS), como aquella “*adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal*”. En esta definición está implícito que el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades a los consumidores. (Rojas, R. 2002).

El reconocimiento del agua como vehículo de dispersión de enfermedades data de hace mucho tiempo. Las enfermedades prevalentes en los países en desarrollo, donde el abastecimiento de agua y el saneamiento son deficientes, son causadas por bacterias,

virus, protozoarios y helmintos. Esos organismos causan enfermedades que van desde ligeras gastroenteritis hasta enfermedades graves y fatales de carácter epidémico. (Rojas, R. 2002).

No obstante, la calidad del agua no es suficiente para asegurar beneficios a la salud humana; es necesario que adicionalmente se satisfagan tres aspectos: cantidad, continuidad y costo razonable. Al margen de las responsabilidades del abastecedor, los consumidores deben tener conocimientos sobre el uso apropiado del agua, de la adecuada nutrición e higiene de los alimentos, así como de la correcta disposición de excrementos. Precisamente, los mensajes dirigidos a mejorar los hábitos y costumbres relacionados con el buen uso del agua, deben realizarse a través de programas educativos y en forma complementaria a las actividades propias del abastecedor para evitar la impresión de que la calidad del agua por sí sola, previene las enfermedades. (Rojas, R. 2002).

El agua de calidad apta para consumo humano cuando entra al sistema de distribución puede deteriorarse antes de llegar al consumidor. En el sistema de distribución, la contaminación del agua puede ocurrir por conexiones cruzadas; retrosifonaje; tuberías rotas; grifos contra incendio, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios defectuosos y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones hechas con pocas medidas de seguridad. Otro factor de recontaminación, de gran importancia en las ciudades o localidades donde existe déficit de agua, es la interrupción del suministro como resultado de la rotación del servicio de una a otra área de abastecimiento con el fin de atender la demanda de agua. (Rojas, R. 2002).

De esta manera, en sistemas donde el servicio de abastecimiento de agua es restringido, el deterioro de la calidad física, química y principalmente microbiológica al nivel de las viviendas, es frecuente como consecuencia del manipuleo y almacenamiento inadecuado. (Rojas, R. 2002).

3.3. Implicaciones en la salud por agentes patógenos en el agua

El abastecimiento de agua de buena calidad, era uno de los ocho componentes de la atención primaria de salud identificados en la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud celebrada en Alma-Ata en 1978. (Rojas, R. 2002).

En la mayoría de los países, los principales riesgos asociados al consumo de agua contaminada están relacionados con los microorganismos. Como se indica en el capítulo 18 de la “Agenda 21” de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: *“aproximadamente, un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en desarrollo tienen por causa el consumo de agua contaminada y en promedio, hasta una décima parte del tiempo productivo de cada persona se dedica a las enfermedades relacionadas con el agua”*. (Rojas, R. 2002).

El riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua aumenta con el grado de presencia de microorganismos patógenos. Sin embargo, la relación no necesariamente es simple y depende de otros factores tales como la dosis infecciosa y la susceptibilidad del huésped. El agua para consumo humano es solo uno de los vehículos de transmisión de enfermedades. A causa de la multiplicidad de las vías de transmisión, no solo el mejoramiento de la calidad y la disponibilidad de agua, sino también la disposición sanitaria de excretas y la aplicación de adecuadas reglas de higiene, son factores importantes en la reducción de la morbilidad y la mortalidad causada por diarreas. (Rojas, R. 2002).

Independientemente de los agentes que afectan la calidad del agua para consumo humano, es necesario tener en cuenta los riesgos causados por la pobre protección de las fuentes de agua, el inadecuado manejo del agua durante el proceso de tratamiento y la mala conservación de su calidad a nivel de las redes de distribución e intradomiciliario. Sin embargo, la ausencia de enfermedades en comunidades abastecidas con agua de mala o dudosa calidad no significa que la población no esté sujeta a riesgos que puedan desencadenar una epidemia. (Rojas, R. 2002).

En la lista de agentes transmitidos por el agua que constituyen un problema mundial y que pueden producir efectos adversos a la salud se encuentran los microorganismos, sustancias químicas y radionúclidos. Entre los agentes microbiológicos están las bacterias, como el *Vibrio cholerae*, *Salmonella* y *Shigella*; los virus, como el de la hepatitis A y E; y los protozoos como la *Giardia* y el *Cryptosporidium*. Entre los agentes químicos están los componentes inorgánicos, como nitratos, flúor y arsénico; metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio; y los componentes orgánicos como las sustancias de uso industrial, los agrotóxicos y los productos secundarios de la desinfección. (Rojas, R. 2002).

Entre los múltiples casos de transmisión de enfermedades relacionadas con la calidad microbiológica del agua para consumo humano se destaca los brotes por *Cryptosporidium* vinculados a defectos en el proceso de tratamiento y por *E. coli* entero-hemorrágico relacionados con el reemplazo de medidores de agua y roturas de la red de distribución, entre otros. (Rojas, R. 2002).

En América Latina, en 1991, la propagación del cólera se atribuyó a la falta de adecuados servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, así como a la falta de medidas de control ambiental. (Rojas, R. 2002).

3.4. Principales parámetros para definir la calidad del agua para consumo humano

Los principales parámetros para definir la calidad del agua son: físicas, químicas, bacteriológicas y radiológicas. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.4.1. Parámetros Físicos

3.4.1.1. Turbidez

La turbidez en el agua de consumo está causada por la presencia de partículas de materia, que pueden proceder del agua de origen, como consecuencia de un filtrado inadecuado, o debido a la resuspensión de sedimentos en el sistema de distribución. También puede deberse a la presencia de partículas de materia inorgánica en algunas aguas subterráneas o al desprendimiento de biopelículas en el sistema de distribución. El aspecto del agua con una turbidez menor que 5 UNT (unidad nefelométrica de turbidez) suele ser aceptable para los consumidores, aunque esto puede variar en función de las circunstancias locales. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la turbidez; idóneamente, sin embargo, la turbidez mediana debe ser menor que 0,1 UNT para que la desinfección sea eficaz, y los cambios en la turbidez son un parámetro importante de control de los procesos. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.4.1.2. Color

Idóneamente, el agua de consumo no debe tener ningún color apreciable. Generalmente, el color en el agua de consumo se debe a la presencia de materia orgánica coloreada (principalmente ácidos húmicos y fúlvicos) asociada al humus del suelo. Asimismo, la presencia de hierro y otros metales, bien como impurezas naturales o como resultado de la corrosión, también tiene una gran influencia en el color del agua. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.4.1.3. Olor y Sabor

El sabor y el olor del agua pueden tener su origen en contaminantes químicos naturales, orgánicos e inorgánicos, y fuentes o procesos biológicos (por ejemplo, microorganismos acuáticos), o en la contaminación debida a sustancias químicas sintéticas, o pueden ser resultado de la corrosión o del tratamiento del agua (por ejemplo, la cloración). También pueden desarrollarse durante el almacenamiento y la distribución sabores y olores debidos a la actividad microbiana. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.4.1.4. Conductividad y resistividad

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir electricidad. Es indicativo de la materia ionizable total presente en el agua. Las sales disueltas son las que permiten al agua conducir electricidad. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, la cantidad de sales solubles en agua se mide por la electro-conductividad (EC), la resistividad es la medida recíproca de la conductividad. El aparato utilizado es el conductímetro cuyo fundamento es la medida eléctrica de la resistencia al paso de la electricidad entre las dos caras opuestas de un prisma rectangular comparada con la de una solución de KCl a la misma temperatura y referida a 20°C. La unidad estándar de resistencia eléctrica es el Ohm y la resistividad de las aguas, se expresa en megohms-cm, la conductividad se expresa en el valor recíproco, normalmente como microsiemens por cm. Para el agua ultrapura los valores respectivos son de

18.24 mohms/cm y $0.05483\mu\text{s/cm}$ a $25\text{ }^\circ\text{C}$. (Organización Panamericana de la Salud. 1996).

3.4.1.5. Potencial de Hidrógeno (pH)

Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua. Se debe prestar mucha atención al control del pH en todas las fases del tratamiento del agua para garantizar que su clarificación y desinfección sean satisfactorias. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Para que la desinfección con cloro sea eficaz, es preferible que el pH sea menor que 8; no obstante, el agua con un pH más bajo será probablemente corrosiva. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Si no se reduce al mínimo, la corrosión puede provocar la contaminación del agua de consumo y efectos adversos en su sabor y aspecto. El pH óptimo necesario variará en distintos sistemas de abastecimiento en función de la composición del agua y la naturaleza de los materiales empleados en el sistema de distribución, pero suele oscilar entre 6,5 y 8. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.4.2. Parámetros Químicos

3.4.2.1. Alcalinidad

La alcalinidad es una medida de la capacidad para neutralizar ácidos. Contribuyen a la alcalinidad los iones bicarbonato, HCO_3^- carbonato, CO_3^{2-} y oxhidrilo, OH^- , pero también los fosfatos y ácidos de carácter débil. Los bicarbonatos y los carbonatos pueden producir CO_2 en el vapor, que es una fuente de corrosión en las líneas de condensado. También pueden provocar espumas, o provocar arrastre de sólidos con el vapor y fragilizar el acero de las calderas. (López, J.B. 2011).

Se mide por titulación con una solución valorada de un alcalino o un ácido según sea el caso y estos dependen de la concentración de los iones hidróxilos (OH^-), carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonato (HCO_3^-). (López, J.B. 2011).

Cuando la alcalinidad es menor de 10 ppm es recomendada para el uso doméstico. (López, J.B. 2011).

3.4.2.2. Cloruros

El cloruro presente en el agua de consumo procede de fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales, escorrentía urbana con sal de deshielo, e intrusiones salinas. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Las concentraciones de cloruro excesivas aumentan la velocidad de corrosión de los metales en los sistemas de distribución, aunque variará en función de la alcalinidad del agua, lo que puede hacer que aumente la concentración de metales en el agua. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Las *Normas internacionales para el agua potable* de la OMS de 1958 sugirieron que concentraciones de cloruro superiores a 600 mg/L afectarían notablemente a la potabilidad del agua. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.4.2.3. Sulfatos

El ión sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), corresponde a sales moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces entre 2 y 250 ppm y el agua de mar alrededor de 3000 ppm. El agua pura se satura de CaSO_4 a unas 1500 ppm. (Kemmer, Frank N. McCallion, John. 1990).

En cantidades bajas no perjudica seriamente pero algunos centenares de ppm pueden disminuir la resistencia del hormigón. Su eliminación se realiza por intercambio iónico. (Kemmer, Frank N. McCallion, John. 1990).

3.4.2.4. Nitratos

El ión nitrato (NO_3^-) forma sales muy solubles y estables. En un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno gas e incluso amoníaco. Las aguas normales tienen menos de 10 ppm y el agua de mar hasta 1 ppm. Aguas de riego con contaminación por fertilizantes pueden tener hasta centenares de ppm. Concentraciones muy elevadas de sólidos totales en agua para beber puede producir la *cianosis infantil*. (López, J.B. 2011).

Su presencia junto con fosfatos en aguas superficiales provoca la aparición de un excesivo crecimiento de algas, se conoce como *eutrofización*. Su determinación se realiza por espectrofotometría. (López, J.B. 2011).

Se elimina por intercambio iónico, siendo un método no económico en los procesos de potabilización en grandes volúmenes. (López, J.B. 2011).

3.4.2.5. Fosfatos

El ión fosfato (PO_4^{-3}) en general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Como procede de un ácido débil contribuye a la alcalinidad del agua. No suele haber en el agua más de 1 ppm, salvo en los casos de contaminación por fertilizantes fosfatados. (Kemmer, Frank N. McCallion, John. 1990).

3.4.2.6. Fluoruros

El contenido de flúor de la corteza terrestre es aproximadamente 0,3 g/kg y se encuentra en forma de fluoruros en diversos minerales. La mayoría del fluoruro en aguas de consumo es de origen natural. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Las *Normas internacionales para el agua potable* de la OMS de 1958 y 1963 hicieron referencia al fluoruro, afirmando que concentraciones de flúor en el agua de consumo mayores que 1,0-1,5 mg/L pueden provocar fluorosis dental en algunos niños y que concentraciones mucho mayores pueden producir, a largo plazo, daños óseos en niños y adultos. Para evitar el desarrollo de caries dentales en niños, se añade a ciertos sistemas de abastecimiento de agua comunitarios flúor para que su concentración alcance 1,0 mg/L. Las Normas internacionales de 1971 recomendaron el establecimiento de límites de control de los fluoruros en el agua de consumo para diversos intervalos del promedio anual de temperaturas máximas diarias del aire; los límites de control oscilaron entre 0,6 y 0,8 mg/L para temperaturas de 26,3 a 32,6 °C y 0,9 - 1,7 mg/L para temperaturas entre 10 y 12 °C. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.4.2.7. Sílice

La sílice, (SiO_2) se encuentra disuelta en el agua como ácido silícico H_4SiO_4 y como materia coloidal; contribuye a provocar algo de alcalinidad en el agua. Las aguas naturales contienen entre 1 y 40 ppm, pudiendo llegar a las 100 ppm (si son aguas carbonatadas sódicas). La determinación se hace por colorimetría. Su eliminación se consigue por precipitación aunque suele hacerse con resinas de intercambio iónico fuertemente básicas. (López, J.B. 2011).

3.4.2.8. Bicarbonatos y carbonatos

Las aguas dulces suelen contener entre 50 y 350 ppm de ión bicarbonato y si el pH es inferior a 8.3, no habrá ión bicarbonato. El agua de mar contiene alrededor de 100 ppm de ión bicarbonato. (López, J.B. 2011).

3.4.3. Parámetros Bacteriológicos

Las bacterias indicadoras de contaminación fecal, incluida *E. coli*, son parámetros importantes en la verificación de la calidad microbiológica del agua. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

El microorganismo elegido como indicador de contaminación fecal es *E. coli*. En muchas circunstancias, en lugar de *E. coli* puede analizarse la presencia de bacterias coliformes termotolerantes. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

El agua destinada al consumo humano no debería contener microorganismos indicadores. En la mayoría de los casos, el análisis de la presencia de bacterias indicadoras proporciona un alto grado de seguridad, ya se encuentran en cantidades abundantes en aguas contaminadas. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

El agua de consumo tratada puede no contener *E. coli* y sin embargo contener agentes patógenos más resistentes a las condiciones medioambientales o técnicas de tratamiento convencionales. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Los protozoos y algunos enterovirus son más resistentes a muchos desinfectantes, incluido el cloro, y pueden seguir siendo viables (y mantener su capacidad patógena) en el agua de consumo tras su desinfección. Otros microorganismos pueden ser

indicadores más adecuados de peligros microbianos persistentes, y debería evaluarse su selección como indicadores adicionales al contenido de las circunstancias locales y los conocimientos científicos. Por consiguiente, para verificar la calidad microbiológica del agua puede ser preciso analizar diversos microorganismos, como enterococos intestinales, esporas de *Clostridium perfringens* y bacteriófagos. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

El análisis del agua se realiza con el método de los tubos múltiples y se expresa en términos de el “número más probable” (índice NMP) en 100 mL de agua. Las aguas con un NMP inferior a 1, son potables. Según el destino del agua, la eliminación de bacterias se realiza por filtración, o esterilización por luz ultravioleta, cloración y ozonización. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.4.4. Parámetros Radiológicos

La radiación ionizante que emiten algunas sustancias químicas radioactivas presentes en el agua de consumo puede ocasionar peligros radiológicos. Estos peligros derivados del agua de consumo no suelen tener consecuencias significativas para la salud pública, y la exposición a la radiación por el agua de consumo debe evaluarse conjuntamente con la exposición por otras fuentes. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

La radiación ambiental procede de diversas fuentes, de origen natural y producidas por el hombre. En todas partes del medio ambiente hay presencia de materiales radioactivos de origen natural (como uranio, torio y potasio-40). La mayor proporción, con diferencia, de la exposición de las personas a la radiación procede de fuentes naturales, tanto de fuentes externas, como la radiación cósmica y terrestre, como de la inhalación o ingestión de materiales radioactivos. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

No se prevén efectos radiológicos perjudiciales para la salud debido al consumo de agua si ésta contiene concentraciones de radionúclidos menores que los niveles de referencia (equivalentes a una dosis efectiva comprometida menor que 0,1 mSv/año). (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Los análisis necesarios para detectar especies radioactivas específicas y determinar su concentración son caros y complejos y normalmente no están justificados, porque en la mayoría de las situaciones las concentraciones de radionúclidos son muy bajas. Es más práctico emplear un procedimiento de análisis selectivo en el que se determina primero la radioactividad total existente, en forma de radiación alfa y beta, sin identificar radionúclidos específicos. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Si los resultados del análisis del agua de consumo son menores que unos umbrales establecidos de radioactividad alfa total (0,5 Bq/L) y radioactividad beta total (1 Bq/L), no es preciso realizar análisis adicionales. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.5. Procesos para la potabilización del agua

La potabilización profesional generalmente incluye los siguientes procesos: Sedimentación, coagulación, ablandamiento, eliminación de hierro y magnesio, eliminación de olor y sabor, filtrado, aireación, control de corrosión, evaporación y desinfección. (López, J.B. 2011).

Basándose en lo establecido por el Ministerio de Salud y Asistencia Social (MSPAS), los tres procesos más utilizados para asegurar la potabilización del agua son:

3.5.1. Sedimentación

Es el asentamiento por gravedad de las partículas sólidas contenidas en el agua. Se realiza en depósitos anchos y de poca profundidad. La sedimentación puede ser simple o secundaria. La simple se emplea para eliminar los sólidos más pesados sin necesidad de tratamiento especial mientras mayor sea el tiempo de reposo, mayor será el asentamiento y consecuentemente la turbiedad será menor haciendo el agua más transparente. El reposo prolongado natural también ayuda a mejorar la calidad del agua debido a la acción del aire y los rayos solares; mejor sabor y el olor, oxida el hierro y elimina algunas sustancias. (Organización Panamericana de la Salud. 1996).

La secundaria se emplea para quitar aquellas partículas que no se depositan ni aún con reposo prolongado, y que es la causa principal de turbiedad. En este

caso, se aplican métodos de coagulación con sustancias como el alumbre, bajo supervisión especializada. (Organización Panamericana de la Salud. 1996).

3.5.2. Filtración

Las partículas pueden separarse de las aguas brutas mediante filtros rápidos por gravedad, horizontales, o a presión, o filtros lentos de arena. La filtración lenta en arena es, en esencia, un proceso biológico, mientras que los otros tipos de filtración son procesos físicos. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Los filtros rápidos por gravedad, horizontales y a presión pueden utilizarse para la filtración directa de agua bruta, sin tratamiento previo. Los filtros rápidos por gravedad y a presión se utilizan habitualmente para filtrar agua que ha sido tratada previamente mediante coagulación y sedimentación. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

También puede realizarse una filtración directa, en la que se añade al agua un coagulante y, a continuación, ésta se hace pasar directamente por el filtro en el que se separa el flóculo precipitado (que contiene sustancias contaminantes). La aplicación de la filtración directa está limitada por la disponibilidad de espacio en el filtro para albergar las sustancias sólidas separadas. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Los filtros rápidos de arena por gravedad son habitualmente depósitos rectangulares abiertos (habitualmente de menos de 100 m²) que contienen arena de sílice (con granos de 0,5 a 1,0 mm) hasta una profundidad de 0,6 a 2,0 m. El agua fluye hacia abajo y los sólidos se concentran en las capas superiores del lecho. El caudal unitario es generalmente de 4 a 20 m³/(m²·h). (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Los filtros a presión se utilizan a veces cuando es necesario mantener una carga de presión para evitar la necesidad de impulsar el agua al sistema mediante bombeo. El lecho de filtración se encierra en una carcasa cilíndrica. Pueden fabricarse filtros a presión pequeños, capaces de tratar hasta unos 15 m³/h, de plásticos reforzados con vidrio. Los filtros a presión más grandes, de hasta 4 m de diámetro, se hacen de acero con un recubrimiento especial. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Los filtros lentos de arena son habitualmente depósitos que contienen arena (con partículas de tamaño efectivo de 0,15 a 0,3 mm) hasta una profundidad de 0,5 a 1,5 m. En estos filtros, en los que el agua bruta fluye hacia abajo, la turbidez y los microorganismos se eliminan principalmente en los primeros centímetros de la arena. Se forma una capa biológica, conocida como *schmutzdecke*, en la superficie del filtro, que puede eliminar eficazmente microorganismos. El agua tratada se recoge en sumideros o tuberías situados en la parte baja del filtro. Periódicamente, se retiran y sustituyen los primeros centímetros de arena que contienen los sólidos acumulados. El caudal unitario de agua a través de los filtros lentos de arena es de 0,1 a 0,3 m³/(m²·h). (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Los filtros lentos de arena sólo son adecuados para aguas de turbidez baja o aguas sometidas a filtración previa. Se utilizan para separar algas y microorganismos, incluidos los protozoos, y, precedidos de microtamizado (*microstraining*) o filtración gruesa, para reducir la turbidez (incluidas las sustancias químicas adsorbidas). La filtración lenta en arena elimina eficazmente las sustancias orgánicas, incluidos algunos plaguicidas y el amoníaco. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.5.3. Aeración

Los procesos de aeración están diseñados para retirar los gases y compuestos volátiles mediante arrastre con aire. La transferencia de oxígeno puede efectuarse habitualmente mediante una simple cascada o por difusión de aire al agua, sin necesidad de equipos complejos. No obstante, para el arrastre de gases o compuestos volátiles puede ser necesaria una planta especializada que proporcione una transferencia de masa alta de la fase líquida a la gaseosa. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Los aeradores de cascada o de escalones están diseñados para que el agua fluya en una capa delgada y lograr una transferencia de oxígeno eficiente. La aeración de cascada puede ocasionar una pérdida de carga de altura significativa; necesitándose de 1 a 3 m para un caudal unitario de 10 a 30 m³/(m²·h). Otra opción es la difusión de aire comprimido a través de un sistema de tuberías perforadas sumergidas. Estos tipos de aeradores se utilizan para la oxidación y precipitación del hierro y el manganeso. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.5.4. Métodos Físicos

3.5.4.1. Filtración

Ayuda a eliminar bacterias, pero por sí solo, no puede garantizar la potabilidad del agua. (Dirección de Ingeniería Sanitaria. Secretaria de Salubridad y Asistencia. 1990).

3.5.4.2. Ebullición

Método excelente para destruir los microorganismos patógenos que suelen encontrarse en el agua: bacterias, quistes y huevos. Para que sea efectiva, debe ser turbulenta. El desprendimiento de burbujas a veces se confunde con la ebullición. Es conveniente hervir el agua en el mismo recipiente en que haya de enfriarse y almacenarse procurando usarlo exclusivamente para estos propósitos. (López, J.B. 2011).

3.5.4.3. Rayos ultravioleta

La radiación UV, emitida por una lámpara de arco de mercurio de baja presión, tiene actividad biocida a longitudes de onda de 180 a 320 nm. Puede utilizarse para inactivar protozoos, bacterias, bacteriófagos, levaduras, virus, hongos y algas. La turbidez del agua puede inhibir su desinfección mediante radiación UV. La radiación UV, cuando se aplica junto con ozono, puede ejercer una potente acción catalizadora de reacciones de oxidación. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.5.5. Métodos Químicos

3.5.5.1. Ozono

El ozono es un oxidante potente y posee múltiples usos en el tratamiento del agua, incluida la oxidación de sustancias orgánicas. Puede utilizarse como desinfectante primario. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

El objetivo de la ozonización es lograr la concentración deseada tras un tiempo de contacto determinado. Para la oxidación de sustancias orgánicas, como algunos plaguicidas oxidables, suele aplicarse una concentración residual de unos 0,5 mg/L tras un tiempo de contacto de hasta 20 minutos.

Las dosis necesarias para lograrlo varían en función del tipo de agua, pero suelen ser de 2 a 5 mg/L. Para aguas sin tratar se necesitan dosis más altas debido a la demanda de ozono de las sustancias orgánicas naturales. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.5.5.2. Yodo

Muy buen desinfectante, necesita un tiempo de contacto de media hora. Es muy costoso para emplearse en abastecimientos públicos. (Dirección de Ingeniería Sanitaria. Secretaria de Salubridad y Asistencia. 1990).

3.5.5.3. Plata

En forma coloidal o iónica es bastante efectiva; no da sabor ni olor al agua, tiene una acción residual muy conveniente. Su efectividad disminuye con la presencia de ciertas sustancias, como cloruros, que se encuentran a veces en exceso en el agua. (Dirección de Ingeniería Sanitaria. Secretaria de Salubridad y Asistencia. 1990).

3.5.5.4. Cloro

La cloración puede realizarse mediante gas cloro licuado, solución de hipoclorito sódico o gránulos de hipoclorito cálcico, y mediante generadores de cloro *in situ*. El cloro, ya sea en forma de gas cloro de un cilindro, de hipoclorito sódico o de hipoclorito cálcico, se disuelve en el agua y forma ión hipoclorito (ClO^-) y ácido hipocloroso (HClO). (Organización Mundial de la Salud. 2006).

Se suele usar en una dosis de 0,0001% que destruye todos los microbios en cuatro minutos. Un inconveniente del cloro es su capacidad de reaccionar con materia orgánica natural y producir trihalometanos y otros subproductos de la desinfección halogenados. No obstante, la formación de subproductos puede controlarse optimizando el sistema de tratamiento. (Organización Mundial de la Salud. 2006).

3.6. Estudios realizados en los distintos departamentos de Guatemala

Se han realizado varios estudios sobre el control de la calidad del agua potable en distintas regiones del país por estudiantes de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En el 2011 López González, Juan Borromeo. Realizó un Análisis Físico, Químico y Examen Microbiológico del Agua que se distribuye en la Aldea Tacajalvé del Municipio de San Francisco El Alto, Totonicapán. En el cual se concluyó que el agua no puede ser considerada potable, debido a que no cumple con lo establecido por la Norma COGUANOR NGO 29 001: 99, en los aspectos bacteriológicos. (López, J.B. 2011).

En el 2009 Molina, Ma. Alejandra. Evaluó la Calidad Fisicoquímica del agua de la planta municipal que abastece al Departamento de Zacapa, Municipio de Zacapa. Según los resultados obtenidos, el agua de la planta municipal de Zacapa es apta para el consumo humano. (Molina, M.A. 2009).

En el 2006 De la Peña Orellana, Evelyn Verónica. Realizó la determinación de los parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos del Agua de Distribución Municipal en Puerto Barrios, Cabecera del Departamento de Izabal. Según los resultados se determinó que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en las muestras de agua no cumplen con las especificaciones de la Norma COGUANOR NGO 29 001:99 para agua potable. (De la Peña, E. V. 2006).

En el 2003 Morales, Mirla. Realizó un estudio de Control de Calidad del Agua para consumo humano de la cabecera departamental de Jalapa municipio de Jalapa. Se obtuvo que todas las muestras presentan contaminación por *E. coli*, lo cual es debido a un tratamiento inadecuado de cloración y contaminación de la fuente. (Morales, M.R. 2003).

En el 2002 Leiva, Román. Realizó un estudio de Determinación de la Calidad del Agua de distribución Municipal para consumo humano en el municipio de Livingston, departamento de Izabal. Según los resultados el agua que distribuye la municipalidad de Livingston Izabal, no es apta para el consumo humano. (Leiva, R. 2002).

En el 2000 Hernández, Carmen. Realizó un estudio de Control de Calidad de agua potable de la ciudad de Mazatenango. Fue necesario que la Municipalidad se responsabilizara por mantener la planta de potabilización en buenas condiciones, ya que en su momento no se encontraba en condiciones óptimas para realizar el procedimiento de potabilización. (Hernández, C. 2000).

En 1998 López, Zuly. Realizó un estudio de Evaluación de la calidad del Agua para consumo humano de la aldea el Paredón Buena Vista, La Gomera Escuintla. Con base a los resultados obtenidos, se evidencia que el agua de la Aldea El Paredón Buena Vista, no es apta para consumo humano. (López, Z. 1998).

En 1998 De León, Doreny. Realizó un estudio de Análisis del agua para consumo humano del Municipio de Cuilco, Huehuetenango. El agua analizada presenta contaminación bacteriológica, deduciéndose con esto que es indispensable el tratamiento de desinfección para su potabilización. (De León, D. 1998).

En 1984 Méndez, Lilian. Realizó un estudio de control de calidad del agua potable para consumo humano de la ciudad de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos, realizándole análisis físico, químico y bacteriológico. Según los resultados obtenidos, el agua de los nacimientos localizados en "El Astillero" si llena los requisitos físicos y químicos establecidos por las normas para el agua potable según las normas guatemaltecas. (Méndez, L.E. 1984).

En 1982 Berganza, Nora. Evaluó el agua para uso consumo humano de la población de Amatillo, Ipala del departamento de Chiquimula realizándole análisis físico, químico y examen bacteriológico. Según los resultados obtenidos, el agua de la Laguna de Ipala si llena los requisitos físicos y químicos establecidos por las normas estándares internacionales. (Berganza, N.E. 1982).

En 1979 Rodríguez V. Realizó un estudio de Control de Calidad agua para consumo humano en la ciudad de Chiquimula. Chiquimula. El análisis efectuado revela que el agua, se encuentra bacteriológicamente contaminada con bacterias coliformes de origen fecal. (Rodríguez, V. 1979).

4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tiene como objetivo el análisis fisicoquímico y microbiológico del agua potable que se distribuye en el municipio de Zaragoza ya que no cuenta con tratamientos previos a su distribución, viene directamente del pozo o nacimiento a un tanque donde se retiene y después se libera hacia la red de tubería que distribuye el agua por todo el municipio, estos tanques no tienen un programa de limpieza estipulado, con esto la población está expuesta a la propagación de enfermedades de origen hídrico como: disentería amebiana y bacilar, fiebre tifoidea, cólera y gastroenteritis, todos estos agentes etiológicos se encuentran en materiales fecales y orina de los infectados los cuales pueden llegar de un depósito desembocando en una fuente de agua y contaminarla.

Por lo que la evaluación periódica del agua puede determinar la calidad de la misma indicando si cumple o no para el consumo humano, sabiendo que el agua potable es aquella que por sus características organolépticas, físicas, químicas y bacteriológicas, no presenta un riesgo para la salud del consumidor.

La población utiliza diariamente este suministro, que al no tener el tratamiento necesario puede provocar enfermedades gastrointestinales o de otra índole que perjudican la salud de la población que reside en este municipio, por esto la importancia de realizar controles tanto fisicoquímicos como microbiológicos. Los resultados obtenidos se transmitirán a las autoridades Municipales para que estén enteradas y procedan según sea el caso.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Evaluar la calidad del agua potable que se distribuye en el casco urbano del Municipio de Zaragoza, Departamento de Chimaltenango.

5.2 Objetivos Específicos

- 5.2.1 Determinar el cumplimiento de los análisis fisicoquímicos: olor, color, sabor, turbidez, dureza total, potencial de hidrógeno (pH), nitratos, metales pesados y cloro residual; según la norma COGUANOR No. 29001 y USP 34.
- 5.2.2 Determinar el cumplimiento de los análisis microbiológicos: coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*; según la norma COGUANOR No. 29001.
- 5.2.3 Determinar la calidad del agua proveniente de los tanques de distribución del Perique y del Aserradero.
- 5.2.4 Determinar la calidad de agua por medio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua que se distribuye en el casco urbano del Municipio de Zaragoza, Chimaltenango.
- 5.2.5 Informar a las autoridades correspondientes de los resultados obtenidos para que tomen las medidas necesarias por medio de la entrega del informe final.

6. HIPÓTESIS

El agua potable que se distribuye en el casco urbano del municipio de Zaragoza, Departamento de Chimaltenango, cumple con los requerimientos fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por las normas guatemaltecas COGUANOR, NGO 29 001 y USP 34 para consumo humano.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Universo de Trabajo

El agua potable para consumo humano distribuida en el municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

7.2. Muestra

Las muestras del agua potable obtenidas de los dos tanques de distribución municipal en el municipio de Zaragoza, fueron por conveniencia, considerando que los tanques seleccionados son los que distribuyen el agua al casco urbano del municipio.

7.3. Medios

7.3.1. Recursos Humanos

Autor: Br. Jesse Cardenas Garrido.

Asesora: Licda. Julia Amparo García Bolaños.

Revisora: Licda. Aylin Santizo Juárez

7.3.2. Recursos Materiales

7.3.2.1. Material y Equipo:

- Frascos de vidrio de 250 mL.
- Frasco de polietileno.
- Hielera
- Potenciómetro.
- Estufa.
- Centrífuga.
- Horno
- Refrigerador.
- Balanza analítica.
- Autoclave.
- Termómetro.
- Probetas de 25 y 50 mL.
- Beaker de 250 mL.

- Goteros
- Pizetas
- Spectroquant MERCK
- Incubadora a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- Mechero
- Baño de María a $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$
- Cajas de petri estériles
- Pipetas estériles de 10 y 1 mililitros graduadas en 0.1 mililitros.
- Frascos estériles
- Tubos con caldo Lauril Triptosa o Caldo Lactosado con campanitas de Durham.
- Tubos con caldo bilis verde brillante con campanitas de Durham
- Tubos con caldo EC (*Escherichia coli*) con campanitas de Durham
- Agua peptonada al 0.1 % en recipientes de 9 ó 90 mililitros
- Asas bacteriológicas
- Agar MacConkey

7.3.2.2. Reactivos

- Ácido Sulfúrico
- Ácido acético al 96%
- Ácido clorhídrico
- Amoníaco concentrado
- Brucina
- Buffer de pH 4,7 y 10
- Carbonato de calcio
- Cloruro de amonio
- Cloruro de potasio
- Cloruro de sodio
- Cromato de potasio
- EDTA 0.01 M
- Etanol 95%

- Estándares para calibración de 1000 UNT; 10.0 UNT y 0.02 UNT
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Negro de eriocromo T
- Nitrato de potasio
- Solución estándar de calcio
- Solución estándar de Plomo.
- Tioacetamida glicerina TS
- Solución stock del estándar primario de formazina
- Trietanolamina

7.3.3. Procedimiento

7.3.3.1. Revisión bibliográfica

7.3.3.2. Elaboración de listado de los lugares donde se tomarán las muestras

7.3.3.3. Elaboración del plan de muestreo

7.3.3.4. Recolección de muestras

7.3.3.5. Análisis físico, químico y microbiológico del agua.

7.3.3.6. Informe final

7.4. MÉTODO

7.4.1. Toma de muestras:

Las muestras destinadas al análisis físico y químico, se recogieron teniendo especial cuidado de no contaminarlas antes de llegar al laboratorio y se transportaron en recipientes de polietileno.

La técnica utilizada para la toma de muestras fue:

- Se enjuagó tres veces consecutivas el envase destinado a la muestra con el agua que se muestreo previo a su toma.
- El envase se identificó debidamente con una etiqueta que contenía los siguientes datos: lugar, fecha, hora, fuente, día, captado por, departamento. El período de tiempo comprendido entre la toma y el inicio de los análisis físicos y químicos no fue mayor a 20 horas.

- Las muestras fueron transportadas en hielo y se llevaron al laboratorio donde se realizaron inmediatamente los análisis correspondientes. (Tchobanoglous, G. 1996).

Con respecto a las muestras para el examen bacteriológico:

- Las muestras se tomaron directamente de los nacimientos y tanques de distribución.
- El frasco que se utilizó, fue esterilizado con tiosulfato y se llenó sin necesidad de enjuagarlo.
- Se sumergió el frasco lo más cerca del fondo y con el cuello hacia abajo se le dió vuelta para que de tal forma quedara ligeramente más elevado que el fondo y la boca en la dirección de la corriente.
- Se abrió el frasco y se llenó dejando un espacio de aire adecuado para una posterior homogenización.
- Las muestras fueron transportadas y conservadas en refrigeración.
- El periodo de tiempo comprendido entre la toma y el inicio del examen bacteriológico no fue mayor de 18 horas. (Méndez, L.E. 1984).

7.4.2. Número de muestras por recolectar:

Por cada día programado de muestreo se tomaron 2 muestras, tomándose un total de 10 muestras.

7.4.3. Ubicación de los sitios de muestreo:

El tanque del aserradero ubicado en la entrada principal del municipio y el tanque del Perique ubicado en el camino viejo hacia el municipio de Patzicía.

Análisis de la calidad de agua: en este trabajo se realizaron tres tipos de análisis para determinar la calidad del agua, dichos análisis son definidos por la Norma COGUANOR No. 29 001

7.4.4. Análisis Físicos de la Calidad del Agua

7.4.4.1. Olor:

Los procedimientos analíticos no son satisfactorios para su medición y tiene que confiarse en el sentido del olfato, es tomado como un examen organoléptico. Por lo que el método utilizado en la investigación fue el olfato.

Significado Sanitario: las características de la aceptación por el consumidor de un abastecimiento son indispensables porque el agua se debe entregar al usuario desprovista de olores rechazables. (Molina, M.A. 2009).

Límite máximo aceptable (LMA): No rechazable.

Límite mínimo permisible (LMP): No rechazable.

7.4.4.2. Color:

El color en el agua resulta de la presencia de iones metálicos naturales (hierro o manganeso), humus y materiales de mascotas, plancton, maderas y desechos industriales. El color es removido del agua para utilizarla a nivel general e industrial. El agua residual a nivel industrial que tiene color requiere que se le remueva este antes de descargarla en las tuberías. El color de una muestra filtrada se expresa en términos que describen la sensación obtenida cuando se observa la muestra. El color se designa por el término “longitud de onda dominante”, el grado de brillo por “luminiscencia” y la saturación por pureza. Estas propiedades se determinan mejor por las características de transmisión de luz de la muestra filtrada mediante un espectrofotómetro. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). 1962).

Límite máximo aceptable: 5.00 Unidades

Límite máximo permisible: 35.00 Unidades

7.4.4.3. Turbidez:

Puede ser causada por una amplia variedad de materiales suspendidos, con un tamaño de partícula desde el coloidal hasta partículas microscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En algunos cuerpos de agua la turbidez es debido a dispersiones normales.

Significado sanitario: La turbidez es importante debido a que cualquier turbidez del agua, causa en el consumidor, pocos deseos de ingerirla y utilizarla en sus alimentos (Organización Panamericana de la Salud. 1996).

Para poder medir la turbidez se utilizó el aparato llamado nefelómetro.

Límite máximo aceptable: 5 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad).

Límite máximo permisible: 15 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad).

7.4.4.4. Sabor:

Se determinó por medio de examen organoléptico, clasificándose como rechazable o no. (Organización Mundial de la Salud. 1995).

Límite máximo aceptable: No rechazable

Límite mínimo permisible: No rechazable.

7.4.5. Análisis Químicos de la Calidad del Agua**7.4.5.1 Dureza Total:**

Se determinó con una disolución patrón de EDTA utilizando negro de eriocromo T como indicador y una solución tampón de pH 10 (Ayres, H.G. 1970).

La dureza es una característica del agua que presenta la concentración de calcio, magnesio y otros aniones expresada en carbonato de calcio. La dureza influye en la precipitación del jabón en forma de jabones insolubles. Sin embargo en algunos casos afecta la cocción de alimentos, incrustaciones en tuberías y utensilios de cocina. (Organización Mundial de la Salud. 1995).

Límite máximo aceptable: 100 mg/L

Límite máximo permisible: 500 mg/L.

7.4.5.2. Potencial de Hidrógeno (pH):

Representa las concentraciones de iones de hidrógeno, mide la intensidad de las reacciones ácidas o alcalinas del agua. El agua que no tiene ácido ni álcali tiene un valor de pH igual a 7.

Significado sanitario: La mayoría de aguas superficiales naturales tienen un valor de pH ente 5.5-8.6, la desviación excesiva de este parámetro puede indicar la contaminación del abastecimiento por algún desecho. (Organización Mundial de la Salud. 1995).

El potencial de hidrógeno (pH) se midió utilizando el potenciómetro de electrodo de vidrio para poder obtener resultados confiables. (COGUANOR: NGO 29013. 1985).

Límites máximo aceptable: 7 – 7.5

Límite máximo permisible: 6.5 – 8.5

7.4.5.3. Nitratos:

Se tomaron 5 mL de la muestra de agua y se agregó 0.5 mL de solución de brucina (5 g de brucina se disuelven en 100 mL de ácido acético al 96%). Se agregó con cuidado 10 mL de ácido sulfúrico concentrado (95%) y se agito bien, luego se dejó enfriar a temperatura ambiente. Después de 10 minutos se realizó la lectura fotométrica de la solución. (COGUANOR: NGO 29013. 1985).

Para la solución de referencia se tomaron 5 mL de agua destilada, con 10 mL de ácido sulfúrico concentrado más 0.5 mL de brucina. Se leyó en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm. (COGUANOR: NGO 29013. 1985).

Las soluciones de calibración se prepararon así:

Se pesaron analíticamente 0.1635g de nitrato de potasio se llevó a 1000 mL en un balón aforado con agua destilada, obteniendo una concentración de 0.1 g/mL de nitrato. De esta solución se prepararon las siguientes alícuotas:

Tabla No. 1

Solución diluida	Agua destilada	Concentración (ppm)
0.00 mL	5.0 mL	0.00
0.50 mL	4.5 mL	1.00
1.00 mL	4.0 mL	2.00
1.50 mL	3.5 mL	3.00
2.00 mL	3.0 mL	4.00
2.50 mL	2.5 mL	5.00

Fuente: COGUANOR NGO 29013

Luego se agregó 0.5 mL de brucina, seguidamente con cuidado se agregó 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, se mezcló bien y enfrió a temperatura ambiente. Después de 10 minutos se realizó la lectura fotométrica de la solución.

Límite máximo permisible: Nitratos 45 mg/L.

7.4.5.4 Metales Pesados:

Esta prueba demuestra el contenido de impurezas metálicas coloreadas por el ión sulfuro, en las condiciones especificadas en la monografía individual correspondiente al porcentaje (en peso) de plomo en la sustancia en análisis,

según se determina mediante comparación visual concomitante con una preparación estándar obtenida a partir de una Solución Estándar de Plomo. (Convención de la Farmacopea de los Estados Unidos de América. 2011).

➤ **Método para determinación de metales pesados:**

Solución amortiguadora de Acetato de pH 3,5: Se Disolvió 25,0 g de acetato de amonio en 25 mL de agua luego se agregó 38 mL de ácido clorhídrico 6N. Se ajustaría si fuera necesario con hidróxido de amonio 6N o ácido clorhídrico 6N hasta un pH 3,5; se diluyó con agua hasta 100 mL y se mezcló.

Preparación del Estándar: Se pipeteó 2 mL de Solución Estándar de Plomo (20 µg de Plomo), luego se transfirió a un tubo de comparación de color de 50 mL y se diluyó con agua hasta 25 mL. Usando un medidor de pH o un papel indicador de pH de intervalo estrecho como indicador extremo se ajustó con ácido acético 1N o hidróxido de amonio 6 N hasta un pH entre 3,0 y 4,0; se diluyó con agua hasta 40 mL y se mezcló.

Preparación de Prueba: En un tubo de comparación de color de 50 mL se colocó 25 mL de la muestra. Usando papel indicador de pH de intervalo estrecho como indicador extremo, se agregó ácido acético 1 N o hidróxido de amonio 6N hasta obtener un pH entre 3,0 y 4,0; luego se diluyó con agua hasta 40 mL y se mezcló bien.

Preparación del Control: En un tercer tubo de comparación de color de 50 mL se colocó 25 mL de una solución preparada según se indica en preparación de prueba y se agregó 2 mL de Solución Estándar de Plomo. Usando papel indicador de pH de intervalo estrecho como indicador extremo; se ajustó con ácido acético 1N o hidróxido de amonio 6N hasta un pH entre 3,0 y 4,0; se diluyó con agua hasta 40 mL y se mezcló bien.

Procedimiento: A cada uno de los tres tubos que contenía la preparación estándar, la preparación de prueba y la preparación control, se les agregó 2 mL de Solución Amortiguadora de Acetato de pH 3,5 luego 1,2 mL de tioacetamida-glicerina básica SR, luego se diluyó con agua hasta 50 mL, se mezcló, y dejó en reposo durante 2 minutos y observo hacia abajo sobre una superficie blanca: El color de la solución de la preparación de prueba no fue más oscuro que el de

la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control fue igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar (Convención de la Farmacopea de los Estados Unidos de América. 2011).

7.4.5.5 Cloro residual:

El análisis se realizó mediante el método DPD¹ en espectrofotómetro, se preparó el blanco llenando una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 mL hasta la marca de 10 mL con muestra. Se limpió bien el exterior de la cubeta (el blanco) y se colocó el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha, luego se preparó la muestra llenando otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 mL hasta la marca de 10 mL con muestra, se añadió el contenido de un sobre de reactivo DPD (N,N-dietil p-fenileno-diamina) a la cubeta, se agitó con rotación la cubeta que contiene la muestra preparada durante 20 segundos, en presencia de cloro aparecerá un color rosa, antes que pase un minuto después de la adición del reactivo, se limpió bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada), se colocó la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha, luego se leyeron el blanco y la muestra a 530 nm. (COGUANOR: NGO 29013. 2011).

Límite máximo aceptable: 0.5 mg/L Cl₂.

Límite máximo permisible: 1.0 mg/L Cl₂.

7.4.6. Examen bacteriológico:

La enumeración de microorganismos del grupo coliforme en agua es una herramienta útil en la determinación de la potabilidad del agua. (COGUANOR: NGO 29013. 1985).

Los coliformes totales comprenden el grupo que posee la enzima β-D galactosidasa, que separa el sustrato cromogénico, produciendo la liberación del cromógeno. *Escherichia coli* se define como miembro del grupo de coliformes totales y además, posee la enzima β-glucuronidasa que escinde un sustrato fluorogénico, produciendo la liberación del fluorógeno. La prueba se puede utilizar ya sea en un formato de tubos múltiples, pozos múltiples, o de presencia - ausencia (muestra simple de 100 mL). (COGUANOR: NGO 29013. 1985).

Procedimiento de Tubos Múltiples. Se seleccionó la cantidad apropiada de tubos por muestra conteniendo el medio ya preparado y se rotularon. Se siguieron las instrucciones del fabricante para la preparación de las diluciones seriadas según la formulación. Se agregó aseptícamente 10 mL de muestra a cada tubo, y se cerraron perfectamente, se agitaron vigorosamente para disolverlos. Se incubaron a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por el período de tiempo especificado por el fabricante del sustrato. El procedimiento también pudo llevarse a cabo añadiendo las cantidades apropiadas del medio con sustrato a la muestra, agitando vigorosamente, y distribuyendo en 5 ó 10 tubos estériles. Incubando según lo establecido en el procedimiento de tubos múltiples. (COGUANOR: NGO 29013. 1985).

7.4.7. Diseño de investigación:

7.4.7.1. Número de réplicas y Diseño de muestreo:

Las muestras se tomaron directamente de la salida del pozo y del tanque. Por conveniencia se realizaron 5 réplicas de cada uno separadas por un intervalo de tiempo de una semana. Cada muestra se analizó para todos los parámetros: Físicoquímicos y Microbiológicos.

7.4.7.2. Análisis de resultados:

Los resultados obtenidos se analizaron por:

- 1) Descripción general de los valores obtenidos para cada medición, resumiendo los resultados cuantitativos por medio de media aritmética \pm desviación estándar. Los análisis de respuesta cualitativa, se reportaron los hallazgos obtenidos directamente.
- 2) Cada análisis se clasificó si cumple o no la norma COGUANOR, NGO 29 001 y USP 34 y en general se determinó cuántas de las 5 réplicas se pueden clasificar como apta o no apta para consumo humano (potabilidad). Se aplicó una prueba de hipótesis binomial, a un nivel de significancia (alfa = α) de 0.05.

Ho: $p = 0.5$ no cumple con la norma COGUANOR, NGO 29 001 y USP 34.

Ha: $p > 0.5$ si cumple con la norma COGUANOR, NGO 29 001 y USP 34.

Para rechazar Ho ($\alpha = 0.05$) con 5 réplicas, todas debieron cumplir con todos los parámetros.

8. RESULTADOS

8.1 Análisis Físicoquímicos

Tabla No. 1: Resultados de los Análisis Físicoquímicos en muestras de agua del tanque del aserradero del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Parámetro o Sustancia	Resultado	COGUANOR NTG 29001:2013 LMA	COGUANOR NTG 29001:2013/USP 34 LMP	DICTAMEN
Color	2.4 unidades ¹	5.00 unidades ¹	35.00 unidades ¹	Cumple
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Turbidez	1.0 UNT	5.00 UNT	15.00 UNT	Cumple
Dureza total (CaCO ₃)	55.2 mg/L	100.0 mg/L	500.0 mg/L	Cumple
Nitratos	0.9 mg/L		45.0 mg/L	Cumple
Cloro residual	0.014 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L	Cumple
Metales pesados	El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar		Observando los tubos hacia abajo sobre una superficie blanca. El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control es igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar.	cumple
pH	7.062	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

- UNT= (Unidades Nefelométricas de Turbiedad)
- 1 = Unidades de Platino y Cobalto (PtCo)

Tabla No. 2: Resultados de los Análisis Físicoquímicos en muestras de agua del tanque del perique del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Parámetro o Sustancia	Resultado	COGUANOR NTG 29001:2013 LMA	COGUANOR NTG 29001:2013/USP 34 LMP	DICTAMEN
Color	2.2 unidades ¹	5.00 unidades ¹	35.00 unidades ¹	Cumple
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Turbidez	1.0 UNT	5.00 UNT	15.00 UNT	Cumple
Dureza total (CaCO ₃)	72.8 mg/L	100.0 mg/L	500.0 mg/L	Cumple

Nitratos	1.6 mg/L		45.0 mg/L	Cumple
Cloro residual	0.026 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L	Cumple
Metales pesados	El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar		Observando los tubos hacia abajo sobre una superficie blanca. El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control es igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar.	Cumple
pH	7.186	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

- UNT= (Unidades Nefelométricas de Turbiedad)
1 = Unidades de Platino y Cobalto (PtCo)

Análisis Microbiológicos

Tabla No. 3: Resultados de los Análisis Microbiológicos en muestras de agua del tanque del aserradero del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Análisis	Resultados	Límites COGUANOR NTG 29 001:2013	DICTAMEN
Coliformes Totales	Detectable/100 mL (5,293.20 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple
Coliformes Fecales	Detectable/100 mL (19.64 NMP/100 mL)	No presenta límites	No cumple
<i>Escherichia coli</i>	Detectable/100 mL (2.44 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

- NMP (Número Más Probable)

Tabla No. 4: Resumen de los resultados de los Análisis Microbiológicos en muestras de agua del tanque del aserradero del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Muestra	<i>Escherichia coli</i>	Coliformes fecales	Coliformes totales
1	X	X	X
2	√	√	X

3	√	√	X
4	√	X	X
5	√	X	X

X = no cumple; √ = cumple

Tabla No. 5: Resultados de los Análisis Microbiológicos en muestras de agua del tanque del perique del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Análisis	Resultados	Límites COGUANOR NTG 29 001:2013	DICTAMEN
Coliformes Totales	Detectable/100 mL (9,405.80 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple
Coliformes Fecales	Detectable/100 mL (14.18 NMP/100 mL)	No presenta límites	No cumple
<i>Escherichia coli</i>	Detectable/100 mL (14.18 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

- NMP (Número Más Probable)

Tabla No. 6: Resumen de los resultados de los Análisis Microbiológicos en muestras de agua del tanque del perique del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Muestra	<i>Escherichia coli</i>	Coliformes fecales	Coliformes totales
1	X	X	X
2	√	√	X
3	√	√	√
4	√	√	√
5	X	X	X

X = no cumple; √ = cumple

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realizó el análisis fisicoquímico y microbiológico del agua potable que se distribuye en el casco urbano del Municipio de Zaragoza, Departamento de Chimaltenango, proveniente de nacimientos naturales hacia los tanques del aserradero y del perique, determinando así la calidad de la misma indicando si cumple o no para el consumo humano bajo la norma COGUANOR No. 29001 y USP 34 de los análisis fisicoquímicos: olor, color, sabor, turbidez, dureza total, potencial de hidrógeno (pH), nitratos, metales pesados y cloro residual. Asimismo los análisis microbiológicos: coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*. Determinado con el cumplimiento de la norma COGUANOR No. 29001. Los análisis fisicoquímicos cumplen con lo establecido en la norma COGUANOR No. 29001 y USP 34, los análisis microbiológicos no cumplieron con lo establecido por la norma COGUANOR No. 29001.

Las pruebas organolépticas (color, olor y sabor) del agua de los tanques si cumplieron con las normas nacionales (COGUANOR NTG 29001:2013/USP 34). El análisis de turbidez demostró resultados tanto del tanque del aserradero como del perique, que se encuentran dentro de lo establecido por la norma COGUANOR NTG (tabla No. 1, tabla No. 2) indicando así que cumple, (al igual que es adecuada para desinfectarla con cloro). Cuando la turbidez es elevada puede actuar como una barrera protectora de los microorganismos contra la desinfección lo que se sugeriría una mayor cantidad de cloro.

Los análisis químicos que incluyen dureza total, nitratos, cloro residual y una prueba cualitativa para metales pesados, estos análisis cumplen en su totalidad según las normas COGUANOR NTG 29001:2013 y USP 34 como se observa en las tablas No. 1 y 2. La dureza total es un poco mayor en el tanque del perique que en el tanque del aserradero, pero sin embargo están por debajo de los límites máximos permitidos (COGUANOR NTG 29001:2013 LMA (100mg/L), COGUANOR NTG 29001:2013 LMP (500mg/L); lo cual indica que el agua es blanda, ya que puede considerarse que un agua es blanda cuando tiene dureza menor de 100 mg/L; medianamente dura, cuando tiene de 100 a 200 mg/L; y dura, cuando tiene de 200 a 300 mg/L (en todos los casos, como CaCO_3). Aún no se ha definido si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud. Pero se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado. Además el agua dura puede formar depósitos en las

tuberías y hasta obstruirlas completamente. Esta característica física es nociva, particularmente en aguas de alimentación de calderas, en las cuales la alta temperatura favorece la formación de sedimentos (Organización Panamericana de la Salud (OPS). 1996).

El pH cumple con las normas COGUANOR NTG 29001:2013, lo cual es beneficioso ya que un valor de pH inferior a 6.5 produce intensa corrosión en el sistema de distribución y al superar los 8.5 produce una disminución en la eficacia del proceso de desinfección en lo que se respecta a la desinfección con cloro. (Calidad y Normativa del agua para consumo humano. 2006)

Los niveles de nitratos cumplen con las normas COGUANOR NTG 29001:2013 (45.0 mg/L) como se puede observar en la Tabla No. 1 y No. 2. La determinación de la concentración de Nitratos en el agua, fue necesaria debido a que el lugar donde se ubican los nacimientos que alimentan los tanques de distribución y los mismos tanques de distribución son lugares donde se encuentran siembras de maíz y por ende se utilizan fertilizantes para ayudar a tener buenas cosechas, y como sabemos, los nitratos son productos químicos presentes en la mayoría de fertilizantes. Su concentración está limitada por los estándares de agua potable a 50 mg/L por razones fisiológicas, valores superiores a lo establecido pueden causar la metahemoglobinemia o cianosis de los nitratos, enfermedad que se produce en los infantes especialmente en aquellos que se alimentan de leche preparada y que se caracteriza por una coloración azul de la piel como síntoma del envenenamiento (Calidad y Normativa del agua para consumo humano. 2006).

Se realizó el análisis cualitativo para determinar la existencia de metales pesados, usando la metodología de la USP 34, y según los resultados obtenidos en el análisis, el agua está libre de metales pesados. Se realizó esta prueba presuntiva ya que la presencia de metales pesados en el agua es muy dañina para la salud de los consumidores.

El cloro residual presentó niveles bajos en los dos tanques por lo que la desinfección podría ser más eficiente si se aumenta el nivel de cloro residual en el agua, esto para prevenir futuras contaminaciones o para la desinfección correcta del agua. Lo mínimo que debería de tener el agua según la OMS es de 0.2mg/L para que haya una desinfección total. (Organización Mundial de la Salud. 2009).

El agua constituye un alimento esencial, por ser indispensable para la vida. Interviene en la alimentación y en la preparación de alimentos de los pobladores, pero sin embargo puede ser un agente propagador de microorganismos peligrosos para la salud y trasmisor de enfermedades contagiosas asociadas a su consumo; debido a que el análisis Microbiológico realizado al agua de los tanques de distribución del perique y aserradero, no cumple con lo establecido por las normas nacionales (COGUANOR NTG 29001:2013), ya que estas dicen que no deben haber coliformes totales, coliformes fecales ni *Escherichia coli* en 100 mL de agua analizada (No detectable/100ml).

De las cinco muestras analizadas al tanque del aserradero; la primer muestra no cumple para los tres análisis, la segunda y tercera muestra cumplen para los análisis de coliformes fecales y *Escherichia coli* mas no cumplen para los análisis de coliformes totales, la cuarta y quinta muestra cumplen solo con los análisis de *Escherichia coli* mas no cumple para los análisis de coliformes fecales y coliformes totales.

De las cinco muestras analizadas al tanque del perique la primera muestra no cumple para los tres análisis, la segunda muestra cumple para los análisis de coliformes fecales y *Escherichia coli* mas no cumple para los análisis de coliformes totales, la tercera y cuarta muestra cumplen en los tres análisis, la quinta muestra no cumplen ninguno de los tres análisis.

Los coliformes son bacilos (cilindros) que están ampliamente distribuidas en la naturaleza y son huéspedes intestinales en el hombre y en general de los animales de sangre caliente. Muchas enfermedades infecciosas del hombre como la fiebre tifoidea, la disentería y el cólera son causadas por bacterias patógenas que se transmiten por medio de aguas contaminadas, de ahí la importancia de los coliformes totales y fecales como indicadores inmediatos de contaminación fecal en el agua. Una muestra de agua que no contenga coliformes totales y fecales es considerada libre de enfermedades producidas por bacterias e inclusive por otros gérmenes patógenos, como por ejemplo los virus (Hepatitis A, Rotavirus). Coliformes totales es un término para referirse a la familia de bacterias de los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*; la mayoría de estos organismos se encuentran en vida libre, es decir, en el ambiente y materia en descomposición, excepto el género *Escherichia* que vive solo en organismos como el hombre y animales de sangre caliente. Coliformes fecales, es un término que se designa principalmente a los órdenes de bacterias

Escherichia y *Klebsiella spp*, las cuales son indicadoras por excelencia de contaminación fecal del agua por heces de origen humano.

Los resultados obtenidos para los análisis microbiológicos difieren entre los dos tanques, obteniendo más resultados negativos el tanque del aserradero, esto puede deberse a que, el tanque del aserradero tiene un tamaño de 250 m³ y el cloro se le agrega a una velocidad de 0.5mL/seg, y el tanque del perique tiene un tamaño de 230 m³ y se encuentra separado en dos partes iguales, utiliza cloro sólido utilizando 1lb/semana por cada parte. Además de estas diferencias como se puede observar en las imágenes de los tanques en el anexo 13.2, el tanque del aserradero se encuentra en una ubicación con desnivel que favorece la contaminación del mismo por aguas de lluvia o basura arrastrada por el aire, en comparación el tanque del perique se encuentra con elevación del nivel del suelo. Al analizar las situaciones en las que hay la posibilidad de contacto con agentes peligrosos para la salud de la población, puede deberse a la defecación al aire libre por parte de seres humanos, animales de pastoreo y domésticos, debido a que los nacimientos que alimentan los tanques se encuentran entre montañas y pastizales.

Otro factor que contribuye a la contaminación es que no existe un procedimiento escrito de limpieza y desinfección de los tanques además de no tener una frecuencia de limpieza fija de los mismos. La contaminación microbiana de los tanques nos indica que la dosis de cloro es inferior a la que los tanques necesitan y que debe tener un cronograma de limpieza estipulado, La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que la limpieza de los tanques de distribución se debe hacer como mínimo cada seis meses, utilizando cloro para desinfectar y herramientas exclusivas para la limpieza de los mismos. En los tanques analizados la limpieza se realiza cada dos meses pero los resultados muestran que el método y la frecuencia de limpieza es inefectivo, además que no utilizan herramientas y ropas exclusivas para la limpieza de los tanques. También debe considerarse que el agua recoge materia en suspensión o solución como arcillas, microorganismos vivos como plantas, bacterias, virus y huevos de parásitos, sales disueltas, orgánicas y gases a su paso por el suelo, el subsuelo o el aire, (Organización Mundial de la Salud. 1995).

Debido a que el agua no cumple con los parámetros bacteriológicos, aunque si cumple en los parámetros fisicoquímicos, no es apta para el consumo humano, porque los niveles de coliformes fecales, sobrepasan las normas nacionales establecidas para aguas de consumo humano.

Los resultados obtenidos de los análisis realizados a las muestras de agua tomadas de los tanques del aserradero y perique fueron entregados a la corporación municipal por medio de una copia escrita de este informe, y para la corrección de los resultados negativos obtenidos de los análisis se elaboró un instructivo para que la realización de la limpieza y desinfección de los tanques de distribución del casco urbano del municipio de Zaragoza, Chimaltenango sea la correcta.

10. CONCLUSIONES

- 10.1.** Las pruebas físicas de color, olor, sabor, turbidez y potencial de hidrógeno (pH) de las muestras de agua analizadas cumplen con lo establecido por la norma COGUANOR NTG 29001:2013.
- 10.2.** Los análisis químicos (dureza total, nitratos, cloro residual) realizados a las muestras de agua potable que se distribuye al casco urbano del municipio de Zaragoza cumplen con los parámetros establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001:2013.
- 10.3.** La prueba cualitativa realizada para metales pesados a las muestras de agua potable que se distribuye al casco urbano del municipio de Zaragoza cumple con los parámetros establecidos por la Farmacopea de los Estados Unidos de América (USP 34).
- 10.4.** Los análisis microbiológicos realizados a las muestras de agua potable que se distribuye al casco urbano del municipio de Zaragoza no cumplen con los parámetros establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001:2013 (No detectable/100 mL), cumpliendo únicamente un 20% de las muestras analizadas de los dos tanques.
- 10.5.** El agua no puede ser considerada potable, ni considerada apta para el consumo humano, ya que, no cumple con lo establecido por la Norma COGUANOR NGO 29001:2013, para los análisis microbiológicos, a pesar de haber cumplido con los análisis fisicoquímicos.
- 10.6.** Los resultados obtenidos en los análisis realizados a las muestras de agua potable se entregaron a la corporación municipal del municipio de Zaragoza, Chimaltenango, por medio de una copia escrita de este informe.

11. RECOMENDACIONES

- 11.1** Basado en el resultado del análisis de Cloro residual se puede aumentar la cantidad de Cloro a los tanques de distribución para eliminar la contaminación microbiológica del agua y así evitar infecciones de origen hídrico.
- 11.2** Establecer un cronograma de lavado de los tanques de distribución por lo menos cada cuarenta y cinco días (1 ½ mes) y cumplirlo para evitar contaminaciones tanto microbiológicas como fisicoquímicas.
- 11.3** Realizar pruebas de cloro residual al agua de los tanques de distribución por lo menos cada dos semanas, para mantener la concentración del mismo de acuerdo con lo establecido por la Norma COGUANOR NGO 29001:2013.
- 11.4** Realizar análisis microbiológicos al agua de los tanques de distribución por lo menos cada mes y entre cada lavada de los tanques evaluar el desempeño del método para desinfectar el agua y detectar contaminaciones si las hubiera.
- 11.5** Realizar un proyecto de la colocación de pre-filtros en el transcurso que tiene el agua desde el nacimiento hasta los tanques de distribución, para obtener un mejor resultado en la cloración del agua.
- 11.6** Realizar el lavado de los tanques de distribución con materiales exclusivos para esta actividad, cepillo, cloro y ropa adecuada (overoles y botas).

12. REFERENCIAS

Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). (1962). Métodos Estándar para el examen de agua y aguas de desechos. 10ª. Edición. México: Editorial Interamericana, S.A.

Ayres, H.G. (1970). Análisis Químico Cuantitativo. México: Editorial Harla.

Berganza, N.E. (1982). Análisis Físico, Químico y Examen Microbiológico del Agua para Consumo Humano de la Población del Amatillo, Ipala, del Departamento de Chiquimula. Tesis de graduación para optar al Título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 31p.

Calidad y Normativa del agua para consumo humano. (2006). México.

COGUANOR: NGO 29013. (1985). Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Potencial de Hidrogeno (pH) Método de Referencia Norma Guatemalteca Obligatoria. COMISION GUATEMALTECA DE NORMAS – COGUANOR -. Normas de agua potable NGO 29001. Ministerio de Economía, Guatemala.

COGUANOR: NGO 29013. (2011). Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Potencial de Hidrogeno (pH) Método de Referencia Norma Guatemalteca Obligatoria. COMISION GUATEMALTECA DE NORMAS – COGUANOR -. Normas de agua potable NGO 29001. Ministerio de Economía, Guatemala.

Convención de la Farmacopea de los Estados Unidos de América. (2011). USP 34 Farmacopea de los Estados Unidos de América. NF29 Formulario Nacional. Volumen No2. Estados Unidos de América: United Book Press, Inc.

De la Peña, E. V. (2006). Determinación de los Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos del Agua de Distribución Municipal en Puerto Barrios, Cabecera del Departamento de Izabal. Tesis de

graduación para optar al Título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 42p.

De León, D. (1998). Análisis del Agua para Consumo Humano del Municipio de Cuilco Huehuetenango. Tesis de graduación para optar al Título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 36p.

Dirección de Ingeniería Sanitaria. Secretaria de Salubridad y Asistencia. (S.S.A.) (1990). Manual de Saneamiento, Vivienda, Agua y Desechos, México, D. F.: Editorial Limusa.

Hernández, C. (2000). Estudio de Control de Calidad de Agua Potable de la Ciudad de Mazatenango. Tesis de graduación para optar al Título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 57p.

Kemmer, Frank N. McCallion, John. (1990). Manual del Agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. México: McGraw-Hill.

Leiva, R. (2002). Determinación de la Calidad del Agua de Distribución Municipal para Consumo Humano en el Municipio de Livingston, Departamento de Izabal. Tesis de graduación para optar al Título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 51p.

López, J.B. (2011). Análisis Físico, Químico y Examen Microbiológico del Agua que se Distribuye en la Aldea Tacajalvé del Municipio de San Francisco el Alto, Totonicapán. Tesis de graduación para optar al Título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 84p.

López, Z. (1998). Evaluación de la Calidad de Agua para Consumo Humano de la Aldea el Paredón, Buena Vista, La Gomera, Escuintla. Tesis de graduación para optar al Título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 30p.

- Marroquín, O. (2009). Monografía del Municipio de Zaragoza del Departamento de Chimaltenango. Informe del Ejercicio Profesional Supervisado. Departamento de Pedagogía. Facultad de Humanidades. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Méndez, L.E. (1984). Control de Calidad del Agua Potable Para Consumo Humano de la Calidad de San Pedro Sacatepéquez, Departamento de San Marcos. Tesis de graduación para optar al Título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 65p.
- Mineduc Chimaltenango (2010). Municipio de Zaragoza, Chimaltenango. Historia. Ministerio de Educación de Guatemala. Guatemala. Extraído el 16 septiembre 2013 de: <http://www.mineducchimal.gob.gt/zaragoza.html>
- Molina, M.A. (2009). Evaluación de la Calidad Fisicoquímica del Agua de la Planta Municipal que Abastece al Departamento de Zacapa, Municipio de Zacapa. Tesis de graduación para optar al Título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 44p.
- Morales, M.R. (2003). Control de Calidad del Agua para Consumo Humano de la Cabecera Departamental de Jalapa, Municipio de Jalapa. Tesis de graduación para optar al Título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 48p.
- Organización Mundial de la Salud. (1995). Guías para la Calidad del Agua Potable 2ª. Edición. Vol. 1. Ginebra.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la Calidad del Agua Potable. Primer Apéndice a la Tercera Edición. Volumen 1. Organización Mundial de la Salud (OMS). Suiza.

Organización Mundial de la Salud. (2009). Guías Técnicas sobre saneamiento, agua y salud. Guía técnica No. 11. Organización Mundial de la Salud (OMS). Suiza. Extraído el 01 de marzo de 2015 de: <http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf>

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (1996). Control de Calidad del Agua. Lima.

Rodríguez, V. (1979). Control de Calidad Agua para Consumo Humano en la Ciudad de Chiquimula. Tesis de graduación para optar al Título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

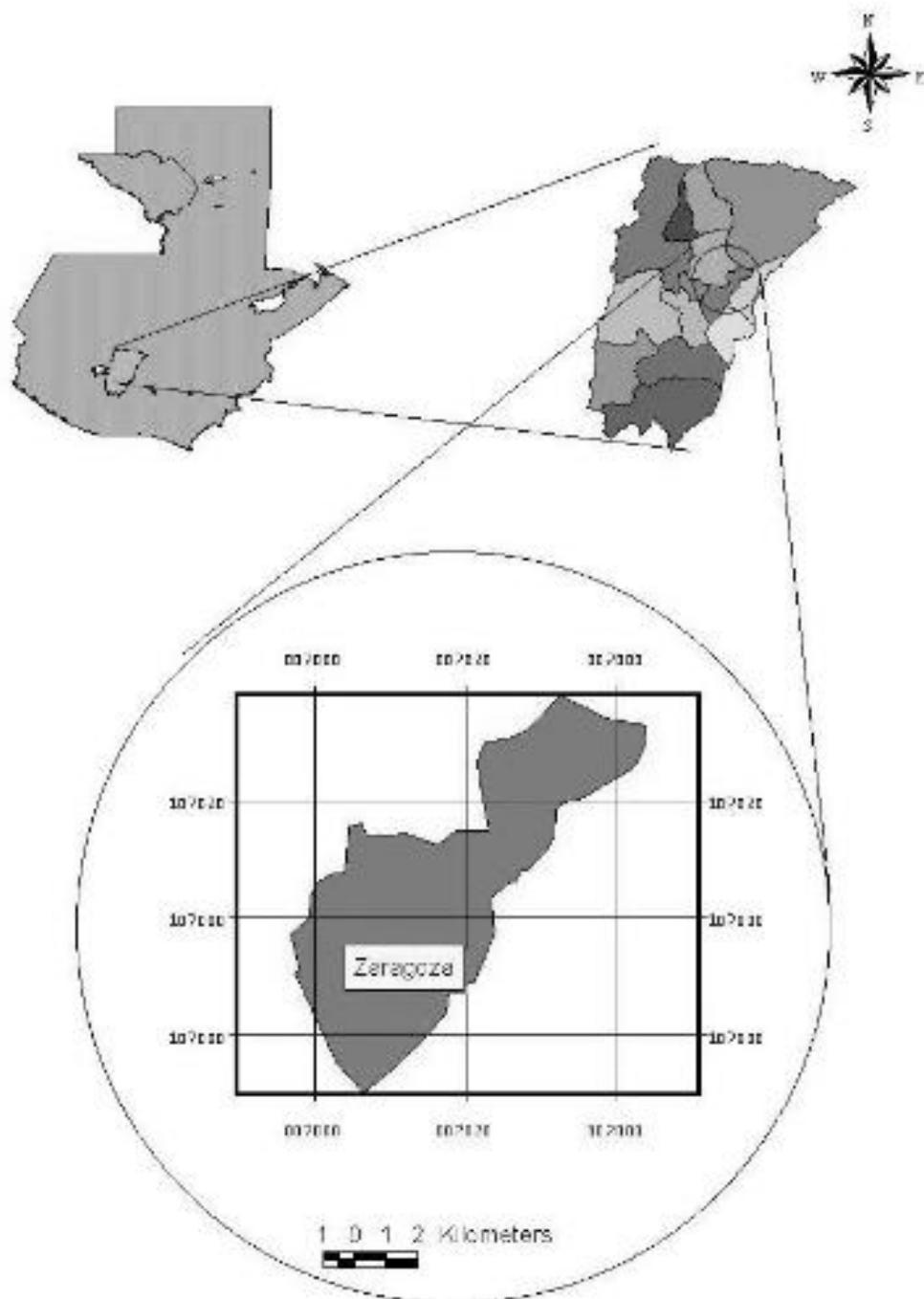
Rojas, R. (2002). Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS). Lima, Perú.

Snoeyink Jenkins D. (1995). Química del agua. México: Editorial Limusa.

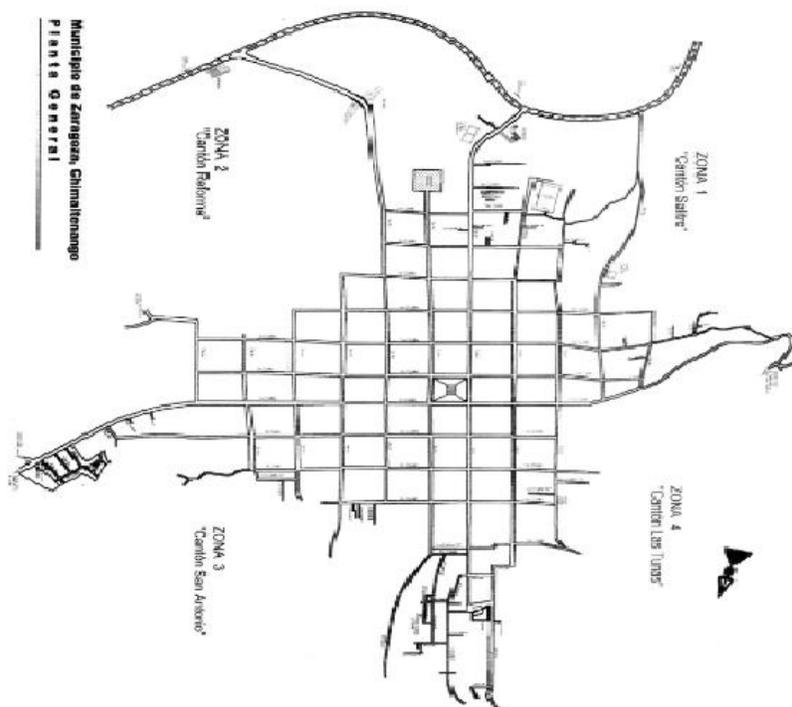
Tchobanoglous, G. (1996). Ingeniería de aguas residuales, redes de alcantillado y bombeo. México: Editorial McGraw-hill.

13. ANEXOS

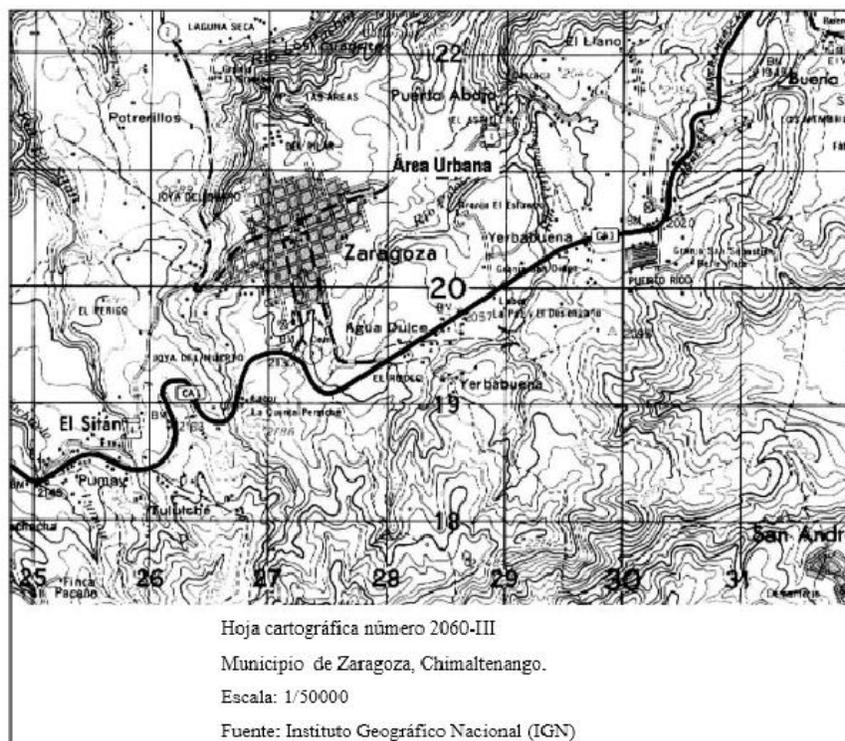
13.1 Municipio de Zaragoza



Área urbana del municipio de Zaragoza



Ubicación del área urbana del municipio de Zaragoza



13.2 Imágenes de los Tanques del Aserradero y del Perique

13.2.1 Tanque del Aserradero



13.2.2 Tanque del Aserradero



13.2.3 Tanque del Aserradero



13.2.4 Tanque del Aserradero



13.2.5 Tanque del Aserradero



13.2.6 Tanque del Perique



13.2.7 Tanque del Perique



13.2.8 Tanque del Perique



13.2.9 Tanque del Perique



13.3 Resultados de los Análisis por fecha de tomas de muestras

Resultados de las muestras Fisicoquímicas y Microbiológicas tomadas el 08/01/2014 en los dos tanques de distribución.

Tabla No. 1: Resultados de los Análisis Fisicoquímicos en muestra de agua del tanque del aserradero del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Parámetro o Sustancia	Resultado	COGUANOR NTG 29001:2013 LMA	COGUANOR NTG 29001:2013/USP 34 LMP	Dictamen
Color	3.00 unidades	5.00 unidades	35.00 unidades	Cumple
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Turbidez	1.0 UNT	5.00 UNT	15.00 UNT	Cumple
Dureza total (CaCO ₃)	64.0 mg/L	100.0 mg/L	500.0 mg/L	Cumple
Nitratos	0.8 mg/L		45.0 mg/L	Cumple
Cloro residual	0.02 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L	Cumple
Metales pesados	El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar		Observando los tubos hacia abajo sobre una superficie blanca. El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control es igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar.	Cumple
pH	7.34	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 2: Resultados de los Análisis Microbiológicos en muestra de agua del tanque del aserradero del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Análisis	Resultados	Límites COGUANOR NTG 29001:2013	Dictamen
Coliformes Totales	Detectable/100 mL (13,960.00 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple
Coliformes Fecales	Detectable/100 mL (12.2 NMP/100 mL)	No presenta límites	No cumple
<i>Escherichia coli</i>	Detectable/100 mL (12.2 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 3: Resultados de los Análisis Físicoquímicos en muestras de agua del tanque del perique del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Parámetro o Sustancia	Resultado	COGUANOR NTG 29001:2013 LMA	COGUANOR NTG 29001:2013/USP 34 LMP	Dictamen
Color	2.00 unidades	5.00 unidades	35.00 unidades	Cumple
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Turbidez	1.0 UNT	5.00 UNT	15.00 UNT	Cumple
Dureza total (CaCO ₃)	72.0 mg/L	100.0 mg/L	500.0 mg/L	Cumple
Nitratos	1.0 mg/L		45.0 mg/L	Cumple
Cloro residual	0.02 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L	Cumple
Metales pesados	El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar		Observando los tubos hacia abajo sobre una superficie blanca. El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control es igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar.	Cumple
pH	7.35	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 4: Resultados de los Análisis Microbiológicos en muestras de agua del tanque del perique del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Análisis	Resultados	Límites COGUANOR NTG 29001:2013	Dictamen
Coliformes Totales	Detectable/100 mL (45,590.00 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple
Coliformes Fecales	Detectable/100 mL (68.9 NMP/100 mL)	No presenta límites	No cumple
<i>Escherichia coli</i>	Detectable/100 mL (68.9 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Resultados de las muestras Fisicoquímicas y Microbiológicas tomadas el 14/01/2014 en los dos tanques de distribución.

Tabla No. 5: Resultados de los Análisis Fisicoquímicos en muestra de agua del tanque del aserradero del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Parámetro o Sustancia	Resultado	COGUANOR NTG 29001:2013 LMA	COGUANOR NTG 29001:2013/USP 34 LMP	Dictamen
Color	4.00 unidades	5.00 unidades	35.00 unidades	Cumple
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Turbidez	1.0 UNT	5.00 UNT	15.00 UNT	Cumple
Dureza total (CaCO ₃)	60.0 mg/L	100.0 mg/L	500.0 mg/L	Cumple
Nitratos	0.7 mg/L		45.0 mg/L	Cumple
Cloro residual	0.01 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L	Cumple
Metales pesados	El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar		Observando los tubos hacia abajo sobre una superficie blanca. El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control es igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar.	Cumple
pH	7.32	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 6: Resultados de los Análisis Microbiológicos en muestra de agua del tanque del aserradero del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Análisis	Resultados	Límites COGUANOR NTG 29001:2013	Dictamen
Coliformes Totales	Detectable/100 mL (2,160.00 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple
Coliformes Fecales	No Detectable/100 mL	No presenta límites	Cumple
<i>Escherichia coli</i>	No Detectable/100 mL	No detectable/100 mL	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 7: Resultados de los Análisis Físicoquímicos en muestras de agua del tanque del perique del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Parámetro o Sustancia	Resultado	COGUANOR NTG 29001:2013 LMA	COGUANOR NTG 29001:2013/USP 34 LMP	Dictamen
Color	1.00 unidades	5.00 unidades	35.00 unidades	Cumple
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Turbidez	1.0 UNT	5.00 UNT	15.00 UNT	Cumple
Dureza total (CaCO ₃)	88.0 mg/L	100.0 mg/L	500.0 mg/L	Cumple
Nitratos	0.9 mg/L		45.0 mg/L	Cumple
Cloro residual	0.01 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L	Cumple
Metales pesados	El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar		Observando los tubos hacia abajo sobre una superficie blanca. El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control es igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar.	Cumple
pH	7.39	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 8: Resultados de los Análisis Microbiológicos en muestras de agua del tanque del perique del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Análisis	Resultados	Límites COGUANOR NTG 29001:2013	Dictamen
Coliformes Totales	Detectable/100 mL (860.00 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple
Coliformes Fecales	No Detectable/100 mL	No presenta límites	Cumple
<i>Escherichia coli</i>	No Detectable/100 mL	No detectable/100 mL	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Resultados de las muestras Fisicoquímicas y Microbiológicas tomadas el 20/01/2014 en los dos tanques de distribución.

Tabla No. 9: Resultados de los Análisis Fisicoquímicos en muestra de agua del tanque del aserradero del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Parámetro o Sustancia	Resultado	COGUANOR NTG 29001:2013 LMA	COGUANOR NTG 29001:2013/USP 34 LMP	Dictamen
Color	< 1.00 unidades	5.00 unidades	35.00 unidades	Cumple
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Turbidez	1.0 UNT	5.00 UNT	15.00 UNT	Cumple
Dureza total (CaCO ₃)	68.0 mg/L	100.0 mg/L	500.0 mg/L	Cumple
Nitratos	0.7 mg/L		45.0 mg/L	Cumple
Cloro residual	0.01 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L	Cumple
Metales pesados	El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar		Observando los tubos hacia abajo sobre una superficie blanca. El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control es igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar.	Cumple
pH	6.75	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 10: Resultados de los Análisis Microbiológicos en muestra de agua del tanque del aserradero del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Análisis	Resultados	Límites COGUANOR NTG 29001:2013	Dictamen
Coliformes Totales	Detectable/100 mL (10,170.00 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple
Coliformes Fecales	No Detectable/100 mL	No presenta límites	Cumple
<i>Escherichia coli</i>	No Detectable/100 mL	No detectable/100 mL	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 11: Resultados de los Análisis Físicoquímicos en muestras de agua del tanque del perique del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Parámetro o Sustancia	Resultado	COGUANOR NTG 29001:2013 LMA	COGUANOR NTG 29001:2013/USP 34 LMP	Dictamen
Color	< 1.00 unidades	5.00 unidades	35.00 unidades	Cumple
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Turbidez	1.0 UNT	5.00 UNT	15.00 UNT	Cumple
Dureza total (CaCO ₃)	80.0 mg/L	100.0 mg/L	500.0 mg/L	Cumple
Nitratos	0.9 mg/L		45.0 mg/L	Cumple
Cloro residual	0.08 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L	Cumple
Metales pesados	El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar		Observando los tubos hacia abajo sobre una superficie blanca. El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control es igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar.	Cumple
pH	6.70	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 12: Resultados de los Análisis Microbiológicos en muestras de agua del tanque del perique del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Análisis	Resultados	Límites COGUANOR NTG 29001:2013	Dictamen
Coliformes Totales	No Detectable/100 mL	No detectable/100 mL	Cumple
Coliformes Fecales	No Detectable/100 mL	No presenta límites	Cumple
<i>Escherichia coli</i>	No Detectable/100 mL	No detectable/100 mL	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Resultados de las muestras Fisicoquímicas y Microbiológicas tomadas el 31/01/2014 en los dos tanques de distribución.

Tabla No. 13: Resultados de los Análisis Fisicoquímicos en muestra de agua del tanque del aserradero del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Parámetro o Sustancia	Resultado	COGUANOR NTG 29001:2013 LMA	COGUANOR NTG 29001:2013/USP 34 LMP	Dictamen
Color	1.00 unidades	5.00 unidades	35.00 unidades	Cumple
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Turbidez	1.0 UNT	5.00 UNT	15.00 UNT	Cumple
Dureza total (CaCO ₃)	64.0 mg/L	100.0 mg/L	500.0 mg/L	Cumple
Nitratos	1.4 mg/L		45.0 mg/L	Cumple
Cloro residual	0.02 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L	Cumple
Metales pesados	El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar		Observando los tubos hacia abajo sobre una superficie blanca. El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control es igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar.	Cumple
pH	6.75	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 14: Resultados de los Análisis Microbiológicos en muestra de agua del tanque del aserradero del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Análisis	Resultados	Límites COGUANOR NTG 29001:2013	Dictamen
Coliformes Totales	Detectable/100 mL (6.00 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple
Coliformes Fecales	Detectable/100 mL (6.00 NMP/100 mL)	No presenta límites	No cumple
<i>Escherichia coli</i>	No Detectable/100 mL	No detectable/100 mL	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 15: Resultados de los Análisis Físicoquímicos en muestras de agua del tanque del perique del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Parámetro o Sustancia	Resultado	COGUANOR NTG 29001:2013 LMA	COGUANOR NTG 29001:2013/USP 34 LMP	Dictamen
Color	1.00 unidades	5.00 unidades	35.00 unidades	Cumple
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Turbidez	1.0 UNT	5.00 UNT	15.00 UNT	Cumple
Dureza total (CaCO ₃)	116.0 mg/L	100.0 mg/L	500.0 mg/L	Cumple
Nitratos	3.6 mg/L		45.0 mg/L	Cumple
Cloro residual	0.01 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L	Cumple
Metales pesados	El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar		Observando los tubos hacia abajo sobre una superficie blanca. El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control es igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar.	Cumple
pH	7.14	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 16: Resultados de los Análisis Microbiológicos en muestras de agua del tanque del perique del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Análisis	Resultados	Límites COGUANOR NTG 29001:2013	Dictamen
Coliformes Totales	No Detectable/100 mL	No detectable/100 mL	Cumple
Coliformes Fecales	No Detectable/100 mL	No presenta límites	Cumple
<i>Escherichia coli</i>	No Detectable/100 mL	No detectable/100 mL	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Resultados de las muestras Físicoquímicas y Microbiológicas tomadas el 06/02/2014 en los dos tanques de distribución.

Tabla No. 17: Resultados de los Análisis Físicoquímicos en muestra de agua del tanque del aserradero del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Parámetro o Sustancia	Resultado	COGUANOR NTG 29001:2013 LMA	COGUANOR NTG 29001:2013/USP 34 LMP	Dictamen
Color	3.00 unidades	5.00 unidades	35.00 unidades	Cumple
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Turbidez	1.0 UNT	5.00 UNT	15.00 UNT	Cumple
Dureza total (CaCO ₃)	20.0 mg/L	100.0 mg/L	500.0 mg/L	Cumple
Nitratos	0.9 mg/L		45.0 mg/L	Cumple
Cloro residual	0.01 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L	Cumple
Metales pesados	El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar		Observando los tubos hacia abajo sobre una superficie blanca. El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control es igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar.	Cumple
pH	7.15	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 18: Resultados de los Análisis Microbiológicos en muestra de agua del tanque del aserradero del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Análisis	Resultados	Límites COGUANOR NTG 29001:2013	Dictamen
Coliformes Totales	Detectable/100 mL (170.00 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple
Coliformes Fecales	Detectable/100 mL (80.00 NMP/100 mL)	No presenta límites	No cumple
<i>Escherichia coli</i>	No Detectable/100 mL	No detectable/100 mL	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 19: Resultados de los Análisis Físicoquímicos en muestras de agua del tanque del perique del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Parámetro o Sustancia	Resultado	COGUANOR NTG 29001:2013 LMA	COGUANOR NTG 29001:2013/USP 34 LMP	Dictamen
Color	6.00 unidades	5.00 unidades	35.00 unidades	Cumple
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Cumple
Turbidez	1.0 UNT	5.00 UNT	15.00 UNT	Cumple
Dureza total (CaCO ₃)	8.0 mg/L	100.0 mg/L	500.0 mg/L	Cumple
Nitratos	1.6 mg/L		45.0 mg/L	Cumple
Cloro residual	0.01 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L	Cumple
Metales pesados	El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar		Observando los tubos hacia abajo sobre una superficie blanca. El color del tubo de la muestra no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control es igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar.	Cumple
pH	7.35	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	Cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

Tabla No. 20: Resultados de los Análisis Microbiológicos en muestras de agua del tanque del perique del municipio de Zaragoza, Chimaltenango.

Análisis	Resultados	Límites COGUANOR NTG 29001:2013	Dictamen
Coliformes Totales	Detectable/100 mL (579.00 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple
Coliformes Fecales	Detectable/100 mL (2.00 NMP/100 mL)	No presenta límites	No cumple
<i>Escherichia coli</i>	Detectable/100 mL (2.00 NMP/100 mL)	No detectable/100 mL	No cumple

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM)

**13.4 Instructivo y Guía de chequeo para el lavado,
limpieza y desinfección de tanques de
almacenamiento de agua.**

	INSTRUCTIVO PARA EL LAVADO, LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.	
Fecha: 23/04/2015	Versión: 1	Página: 1 de 8

1. OBJETIVO

Generar las instrucciones para el lavado, limpieza y desinfección de los tanques de almacenamiento de agua con el fin de garantizar las condiciones sanitarias.

2. MATERIALES

- Detergente
- Cepillo (uso exclusivo para el lavado de los tanques)
- Overol (uso exclusivo para el lavado de los tanques)
- Botas de hule (uso exclusivo para el lavado de los tanques)
- Cloro

3. GLOSARIO

ABRASIVO: Material duro que sirve para pulir, cortar o afilar otro material más blando

AGUA POTABLE: Agua tratada para que no contenga contaminantes, considerada apta para el consumo humano.

DESINFECCIÓN: La desinfección es una técnica de limpieza que tiene como finalidad la destrucción de los microorganismos patógenos, (bacterias, virus y hongos), en todos los ambientes en que puedan resultar nocivos, mediante la utilización de agentes fundamentalmente químicos (por ejemplo Cloro).

DRENAR: Hacer salir el agua acumulada en una zona

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL: Instrumentos destinados para ser utilizado o sujetado por el trabajador, para protegerlo de uno o varios riesgos y aumentar su seguridad o salud en el trabajo.

HIPOCLORITO DE SODIO: Compuesto químico, cuya composición le permite actuar como agente desinfectante; estas propiedades se aprovechan para el tratamiento de fibras y la eliminación de microorganismos.



**INSTRUCTIVO PARA EL LAVADO, LIMPIEZA Y
DESINFECCIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO
DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA,
CHIMALTENANGO.**



Fecha:
23/04/2015

Versión:
1

Página:
2 de 8

LAVADO: El lavado es una de las formas de conseguir la limpieza, usualmente con agua más algún tipo de jabón o detergente.

LIMPIEZA: Acción que consiste en quitar o eliminar la suciedad o una mancha.

SOLUCIÓN: Combinación de un sólido o de un producto concentrado con agua, para obtener una distribución homogénea de cada uno de los componentes.

TANQUE: Deposito diseñado para almacenar o procesar fluidos, generalmente a presión atmosférica o presión intentas relativamente bajas.

4. DESARROLLO

El presente instructivo aplica para tanques aéreos, subterráneos y superficiales.

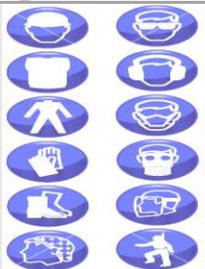
4.1 ALISTAMIENTO PREVIO

1



El día anterior al lavado del tanque se deberá cerrar la válvula de entrada de agua a este de tal forma que en el desarrollo de actividades propias del municipio se consuma el agua contenida en el tanque y se garantice las condiciones óptimas para realizar la actividad. Esta actividad se debe realizar garantizando el suministro permanente de agua.

2



Para realizar todo el proceso de lavado y desinfección del tanque el personal que realice la actividad, debe de utilizar los elementos y equipo de protección personal establecidos en la **Tabla N° 1**.

3



Verificar las condiciones físicas del tanque, empaques, válvulas y tuberías “desgaste, grietas y sin fugas” si



INSTRUCTIVO PARA EL LAVADO, LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.



Fecha:
23/04/2015

Versión:
1

Página:
3 de 8

encuentra algún problema deje registro en la lista de chequeo y comuníquelo para su reparación.

4



De existir residuos sólidos presentes en el tanque realice la remoción manual.

5



Abra la válvula de entrada de agua al tanque para garantizar un nivel de agua entre 10 y 20 cms de altura, cuando se haya logrado el nivel de agua deseado, cierre la válvula.

4.2 LIMPIEZA Y LAVADO

1



Iniciar el lavado con detergente en forma manual, comenzando por las paredes internas y luego con el piso del tanque, utilizando cepillo o escoba de plástico, con el fin de remover los residuos adheridos al tanque.

2



Abra la válvula de salida de agua del tanque hasta drenar todo el líquido del mismo, de no contar con válvula de salida retire de forma manual los residuos sólidos y líquidos generados en el proceso, con pala, balde y paños dejando el tanque totalmente limpio.

	INSTRUCTIVO PARA EL LAVADO, LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.	
Fecha: 23/04/2015	Versión: 1	Página: 4 de 8

3



Abra la válvula de entrada y salida del tanque para permitir el ingreso de agua con el fin de enjuagar el tanque dejando que esta recorra las tuberías, pasado un tiempo en donde se garantice la remoción total de los residuos cierre las válvulas con el fin de comenzar el proceso de desinfección.

4.3 DESINFECCIÓN



Para realizar la solución de desinfectante la persona deberá contar con los respectivos elementos de protección personal adecuada, según tabla No. 1, en este caso se manejará una solución de hipoclorito de sodio (cloro) con una concentración del 0.5%.



Como el cloro comercial viene en una concentración del 5%, obtendremos la concentración de cloro deseada del 0.5% con la siguiente formula:

$$V = \frac{Cd \times Vd}{Cc}$$

Donde:

V: volumen requerido de hipoclorito de sodio (Cloro 5%)

Cd: concentración deseada (0.5%)

Vd: volumen deseado (cantidad en litros deseada de cloro al 0.5%)

Cc: concentración conocida del hipoclorito de sodio (Cloro 5%)

Ejemplo:

Prepararemos 500 litros de cloro al 0.5% para la desinfección del tanque del aserradero, se utilizarán 500 litros de solución de cloro al 0.5% porque se utilizaran 2 litros de solución de cloro al 0.5% por 1 m³ de volumen del tanque, como el tanque del aserradero tiene un volumen de 250 m³ se multiplicará 250 x 2 = 500 L.

	INSTRUCTIVO PARA EL LAVADO, LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.	
Fecha: 23/04/2015	Versión: 1	Página: 5 de 8

Para la preparación de los 500 L de la solución de cloro al 0.5% seguiremos los siguientes pasos:

1. Vemos que información tenemos

Cd: 0.5 % de hipoclorito de sodio (Cloro)

Cc: 5% de hipoclorito de sodio (Cloro)

Vd: 500 L

V: ?

2. Teniendo esta información la sustituimos en la formula

Volumen requerido (V) = $\frac{\text{Concentración deseada (Cd)} * \text{Volumen deseado (Vd)}}{\text{Concentración conocida (Cc)}}$

V: $\frac{(0.5\%) * (500 \text{ L})}{(5\%)}$ = 50 L de hipoclorito de sodio (Cloro al 5%)

3. Entonces se prepara la solución por partes, en un recipiente de 50 litros o más agregar 5 litros de cloro comercial y 45 litros de agua, o en un recipiente de 100 litros agregar 10 litros de cloro comercial y 90 litros de agua, este procedimiento se realizará las veces necesarias hasta llegar a la cantidad de solución de cloro al 0.5% requerida (500 L), si se realizara cada 50 litros se repite el procedimiento 10 veces, si se realiza cada 100 litros se repite el procedimiento 5 veces.

Al tener la solución hecha de cloro al 0.5% seguiremos lo pasos que se mencionan en el procedimiento de la siguiente página.

	INSTRUCTIVO PARA EL LAVADO, LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.	
Fecha: 23/04/2015	Versión: 1	Página: 6 de 8

PROCEDIMIENTO:

1. Después de realizar la solución mojar las paredes del tanque con un rodillo de felpa hasta terminarse la solución de cloro al 0.5% preparada anteriormente y dejar actuar por un tiempo de 20 a 30 min.
2. Abrir la válvula de entrada de agua al tanque con el fin de generar un lavado manual del desinfectante.
3. Abrir la válvula de salida del tanque y dejar que el desinfectante fluya hacia fuera del tanque.
4. Realizar dos o tres lavadas del tanque con agua potable asegurando la ausencia de olor y sabor en el agua.
5. Iniciar el llenado del tanque, sellarlo herméticamente de tal forma que evite la contaminación y se minimice el contacto con agentes externos.

ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL

El personal encargado del lavado, limpieza y desinfección del tanque deberá utilizar los elementos de protección personal y llevar a cabo los siguientes pasos.

	INSTRUCTIVO PARA EL LAVADO, LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.			
	Fecha: 23/04/2015	Versión: 1	Página: 7 de 8	

Tabla 1 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

PROTECCIÓN PERSONAL	EQUIPO DE PROTECCIÓN		ACTIVIDAD
CABEZA		Casco	Cuando se realice un trabajo en alturas.
OJOS Y ROSTRO		Lentes de seguridad	Cuando tenga exposición a salpicaduras de productos químicos o ante la presencia de gases, vapores y humos.
APARATO RESPIRATORIO		Respirador purificante (con material filtrante o cartuchos)	Cuando en su ambiente tenga gases, vapores, humos y neblinas. Solicite cambio de filtro cuando sienta olores penetrantes de gases y vapores.
MANOS		Guantes resistentes a productos químicos	Protegen las manos contra corrosivos, ácidos, aceites y solventes. Existen de diferentes materiales: PVC, Neopreno, Nitrilo, Butyl, Polivinilo
PIES		Botas de hule	Cuando trabaja con químicos
		Zapatos con suela antideslizante	Cuando este expuesto a humedad en actividades de aseo
TRABAJO EN ALTURAS		Para realizar trabajos a una altura mayor de 1.8 metros sobre el nivel del piso use arnés de seguridad completo: <ul style="list-style-type: none"> • Casco con barbuquejo (cinta) • Mosquetones o argollas y eslingas (cinchas con gancho) • Línea de vida 	

	INSTRUCTIVO PARA EL LAVADO, LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.	
Fecha: 23/04/2015	Versión: 1	Página: 8 de 8

Fuente: Procedimiento técnico para el control de las condiciones sanitarias de los tanques de almacenamiento de agua potable de la Secretaría de Integración Social de la Alcaldía Mayor de Bogotá.

Ejemplo de mosquetones

Ejemplo de eslingas



5. OBSERVACIONES

6. BIBLIOGRAFIA

- **Imágenes:** Cooperativa Agua Potable de Sunchales. Extraído 01 de Marzo de 2015 de: <http://www.copsunchales.com.ar>

Realizado por: Jesse Cardenas Garrido	Revisado por: Licda. Julia Amparo García Bolaños



**LISTA DE CHEQUEO PARA EL LAVADO,
LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LOS TANQUES
DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE
DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA,
CHIMALTENANGO.**



Fecha:
23/04/2015

Versión:
1

Página:
1 de 1

De acuerdo a la actividad realizada marque con una X la respuesta a cada una de las 18 preguntas.

Subdirección o localidad:				
Nombre del Tanque:		Dirección:		
Fecha de lavado:		Fecha del próximo lavado:		
Coordinador:				
Responsable del lavado:				
NO.	PREGUNTAS	SI	NO	OBSERVACIONES
1	¿El tanque se encontró vacío?			
2	¿Las válvulas de entrada y salida se encuentran cerradas?			
3	¿Se verificó el estado de: Tuberías, Válvulas, Grietas en el tanque, Desgaste de material, Hermeticidad del tanque?			
4	¿Se realizó la remoción de residuos sólidos del fondo del tanque?			
5	¿Hay un nivel de agua considerado para realizar un prelavado?			
6	¿Se realizó el prelavado del tanque?			
7	¿Se enjuagó varias veces el tanque con agua potable para eliminar los residuos generados del prelavado?			
8	¿Se abrieron las válvulas de salida para dejar salir el agua sobrante?			
9	¿Se preparó la solución desinfectante según el instructivo para lavado, limpieza y desinfección de tanques?			
10	¿Se tuvo en cuenta los elementos de protección personal para la preparación de la solución desinfectante?			
11	¿Las superficies del tanque fueron mojadas con la solución, teniendo en cuenta los equipos de protección personal?			
12	¿Se dejó actuar el desinfectante según el instructivo?			
13	¿Se abrieron las válvulas de entrada y salida de agua para realizar la remoción del desinfectante del tanque?			
14	¿Se dejó drenar la solución del lavado del tanque?			
15	¿Se realizaron varios lavados con agua potable eliminando así los residuos del desinfectante?			
16	¿Se comprobó la ausencia de olor y sabor en el agua?			
17	¿Se verificó que las llaves de entrada y salida estén cerradas para iniciar el llenado del tanque?			
18	¿Se instaló correctamente la tapa para evitar el ingreso de contaminantes?			
Firma del coordinador:				
Firma del responsable del lavado:				

Realizado por: Jesse Cardenas Garrido	Revisado por: Licda. Julia Amparo García Bolaños



Br. Jesse Cardenas Garrido

Autor



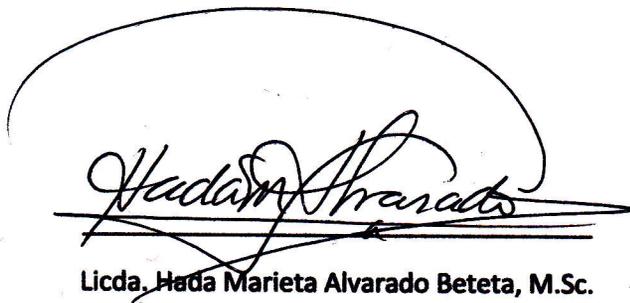
Licda. Julia Amparo García Bolaños M.A.

Asesora



Licda. Aylín Evelyn Santizo Juárez

Revisora



Licda. Hađa Marieta Alvarado Beteta, M.Sc.

Directora de Escuela de Química Farmacéutica



Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda

Decano