

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

CEDOFB



03179

**“CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE DE LA
CIUDAD DE MAZATENANGO”**

MARIA DEL CARMEN MARTINEZ DOMINGUEZ

QUIMICA FARMACEUTICA

Guatemala, noviembre del 2000.

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



**“CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE DE LA
CIUDAD DE MAZATENANGO”**

INFORME FINAL DE TESIS

Presentado por

MARIA DEL CARMEN MARTINEZ DOMINGUEZ

PARA OPTAR AL TITULO DE

QUIMICA FARMACEUTICA

Guatemala, noviembre del 2000.

970702
C. 3

USAC Fac. de Ciencias y Farmacia - CEDOCF - 2000 -

JUNTA DIRECTIVA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANA:	Licda. Hada Marieta Alvarado Beteta
SECRETARIO:	Lic. Oscar Federico Nave Herrera
VOCAL I:	Dr. Oscar Manuel Cobar Pinto
VOCAL II:	Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda
VOCAL III:	Dr. Federico Adolfo Richter Martínez
VOCAL IV:	Br. César Alfredo Flores López
VOCAL V:	Br. Manuel Anibal Leal Gómez

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a:

Dios,
Jesucristo que acepte en mi corazón
al Espíritu Santo que mora en mí
y a la Virgen María madre espiritual de mi familia;

mis padres
Amparo Domínguez Obregón de Martínez y
José Eliseo Martínez Pérez
Por darme su amor, comprensión, sus sabios consejos
y apoyo espiritual y material en todo el desarrollo de mi vida;

mis hermanos
José Felipe Martínez Domínguez
Por ser un ejemplo de ideales, honestidad, caballerosidad y trabajo
Rafael de Jesús Martínez Domínguez
Por representar la alegría, el compañerismo y la amistad
Y por que ambos me han motivado a vivir, por su paciencia y amor.

la memoria de mis abuelos
Maternos:
Buenaventura Domínguez Vásquez
Zoila Tiburcia Obregón de Domínguez
Paternos:
Rafael Martínez Martínez
Porfiria de la Trinidad Pérez Berganza de Martínez
Por todo el amor que me brindaron en vida.

la Familia Martínez
Que en sus luchas, alegrías y sufrimientos
he comprendido que el mundo es de una conquista constante,
de orgullo, trabajo y cristiandad.

la Familia Domínguez
Por que a través de sus experiencias he comprendido
y valorado el significado de la verdad, el obediencia
y la reciprocidad de la justicia familiar.

mi terruño querido:
Al pueblo de Víctor Tizol Mejía
"Mazatenango Lindo".

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a los diversos centros educativos en donde obtuve la experiencia educativa formal; especialmente a la
Universidad de San Carlos de Guatemala
Y la Escuela de Ciencias Químicas y Farmacia
Así como a su personal administrativo y claustro de catedráticos.

A mis maestros, especialmente a:
Prof. Pedro Daniel Can Godoy

A los catedráticos que me apoyaron en la realización de ésta investigación
Lic. Estuardo Serrano Vives
Licda. Lilian Irving

A las Instituciones que me brindaron los recursos materiales y de apoyo para la realización de ésta investigación, que son:
Laboratorios LAMIR
Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGIENERIA

A la Municipalidad de Mazatenango
Por el apoyo incondicional brindado para la realización de ésta
Investigación, especialmente a:
Sr. Jorge Domínguez O.
Sr. Sergio Quan.

A mis Amigos y Amigas
Por su apoyo moral, amistad y amor que me brindaron,
especialmente a:
Sr. Ricardo Pinto, Sra. Hilda de Pinto, Emilio,
Lidia Viridiana, Silvia, Ester, Judith, Telma,
Jorge Horacio y Luis Alfredo.

INDICE

CONTENIDO	PAGINA
1. RESUMEN.....	01
2. INTRODUCCION.....	03
3. ANTECEDENTES:	
3.1. Importancia del agua potable (Reseña Histórica).....	05
3.2. Servicio municipal del agua potable en ciudad de Mazatenango.....	11
4. JUSTIFICACION.....	14
5. OBJETIVOS.....	16
6. HIPOTESIS.....	17
7. MATERIALES Y METODOS.....	18
8. RESULTADOS.....	31
9. DISCUSION.....	37
10. CONCLUSIONES.....	39
11. RECOMENDACIONES.....	41
12. REFERENCIAS.....	43
13. ANEXOS.....	48



1. RESUMEN.

Para determinar la calidad del agua del agua municipal de la ciudad de Mazatenango se realiza una investigación teórica y de lectura analítica sobre el tema problema en estudio; el cual se llevaron a cabo una serie de etapas de investigación científica que se conforman de la forma siguiente:

La construcción de un marco teórico, en él se incluye la presentación de resultados e información sobre aspectos geo-económicos y social de la ciudad de Mazatenango, así como las variables de investigación. En esta etapa se desarrollará una lectura analítica y crítica de lo escrito sobre el tema de investigación y sobre las variables en cuestión.

Se elabora la metodología e instrumentos para abordar el trabajo de campo, donde se describe una definición precisa del problema, marco teórico, objetivos, variables, hipótesis, metodología de la investigación, instrumentos de investigación y sistema de muestreo.

Se procede a la planeación de la etapa de campo, cuyo principal objetivo es la realización de la toma de muestra; en este caso del río abastecedor del agua o Río Sis; de los tanques de purificación, del grifo primario de los tanques y de las zonas de la ciudad que tienen el servicio municipal de agua potable (zona 1, zona 2 y zona 3 de la ciudad de Mazatenango). Se tendrá que tomar en cuenta la unidad de análisis mínima, el universo y la muestra de investigación representativa, con el objetivo de delimitar el estudio en cuestión. Para ello se realiza un muestreo al azar, por cada uno de los cantones, colonias, barrios, lotificaciones y residenciales con que cuenta cada una de estas zonas que son abastecidas con agua municipal en la ciudad de Mazatenango.

Después de realizado el trabajo de campo, se procede al vaciado de datos y elaboración de cuadros estadísticos de salida donde se indica la calidad microbiológica y fisicoquímica

del agua municipal de la ciudad de Mazatenango; así como el análisis de resultados o datos cuantitativos y cualitativos de la investigación; contándose con la colaboración para la investigación de la calidad microbiológica con el Laboratorio LAMIR y de la calidad fisicoquímica y microbiológica con el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA.

De acuerdo a los resultados obtenidos en ésta investigación se determina que la calidad del agua municipal no llena los requisitos de calidad según regla COGUANOR, para ser de consumo humano. Esto puede deberse a varios factores como mala cloración del agua y no contar con procesos de filtración eficientes.

En este caso, se rechaza la hipótesis planteada; por lo que se concluye que se deben mejorar los procesos de sistematización y de la calidad del agua potable de la ciudad de Mazatenango, ya que el agua potabilizada es de fundamental importancia para la salud del usuario, ya que ésta demostrado que las principales causas de mortandad son las enfermedades diarreicas y se considera que el agua es el vector principal de la bacteria del Cólera, por lo que los esfuerzos de las autoridades municipales deben concentrarse en el mejoramiento de la calidad del agua potable, su cloración y todo lo que encierra el proceso de potabilización, ya que éste no es el más adecuado.

Los resultados obtenidos se presentan a la instancia asesora para su respectiva revisión y aprobación; después se trasladará el documento a una revisora o revisor de tesis, para luego concluir con la aprobación del trabajo y cumplimiento de los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El propósito fundamental de ésta investigación es evaluar, verificar y resaltar la importancia de la calidad de agua potable en la ciudad de Mazatenango, para contribuir con ello al mejoramiento de la salud en la comunidad y así evitar problemas epidemiológicos en el futuro.

2. INTRODUCCION.

El problema del abastecimiento y la calidad del agua potable, es una de las principales preocupaciones en el ámbito mundial, tanto por la falta de la misma en algunas partes del planeta, como además por los altos índices de contaminación que ésta pueda presentar. Por lo que la calidad del agua depende de su origen y tratamiento.

El agua en estos tiempos de industrialización y desarrollo representa un tema de investigación y tiene un papel primordial en el fortalecimiento de las ciudades y de las zonas rurales. Por eso es importante la determinación de su calidad física, química, microbiológica y la realización de cada una de las operaciones de purificación que deben realizarse para su potabilización dentro de las plantas municipales.

El presente trabajo de tesis pretende corroborar la calidad del agua potable en la ciudad de Mazatenango y si ésta reúne los parámetros de calidad establecidos para ser consumida por la población.

Los habitantes de la ciudad de Mazatenango, cabecera departamental de Suchitepéquez, no han manifestado preocupación sobre la procedencia del agua que llega a sus hogares o la calidad de potabilización que esta tiene. Sin embargo, puede observarse que el agua municipal de dicha ciudad, presenta turbidez y que en cierto límite de tiempo existe sedimentación de partículas, lo que afecta la presencia física del agua provocando el rechazo en algunos consumidores.

Para la verificación del buen funcionamiento de los filtros utilizados en la potabilización del agua de esta ciudad, debe señalarse que no existe asistencia técnica de planta y hasta el momento no existen proyectos que certifiquen que el agua potable sea apta para consumo humano o que mejoren el servicio de agua municipal.

El agua potable debe reunir cada una de las características indispensables que llenen los parámetros de calidad y para ello se realizan ensayos fisicoquímicos y microbiológicos de los cuales se obtuvieron resultados que verificaron la calidad del agua y si ésta es adecuada para consumo humano.

Para ello se tomaron muestras de cada uno de los cantones, barrios, colonias, lotificaciones y residenciales de cada una las zonas de la ciudad de Mazatenango que son abastecidas con agua municipal. Al obtener la muestra se procede a ser estudios bacteriológicos gracias a la colaboración del Laboratorio LAMIR que se encuentra en la Ciudad Universitaria en el T-12 de la Facultad de Farmacia; el informe bacteriológico y fisicoquímico de las muestras del río de abastecimiento (Río Sis), muestras de la planta de potabilización y de cada una de las zonas se realiza con la colaboración del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria Centro de Investigaciones de Ingeniería.

3. ANTECEDENTES

3.1. IMPORTANCIA DEL AGUA POTABLE.

3.1.1. RESEÑA HISTORICA.

“El agua era considerada como un elemento por los antiguos e incluso por Cavendish, que habia reconocido en 1781, su formación en la combustión del hidrógeno. Posteriormente Lavoisier demostró que se trataba de un cuerpo compuesto, realizando su análisis por acción del hierro al rojo. Su composición volumétrica fue determinada por Gay-Lussac (1805), y su composición gravimétrica por Dumas (1843).”⁽¹⁾

Desde el siglo XVI es conocido el papel tan importante que siempre ha jugado el agua en la vida del hombre. Desde tiempos inmemoriales la ha buscado y aceptado donde quiera que la encuentre. Conforme el tiempo transcurrió o fue dándose cuenta que no solamente le era necesario contar con suficiente cantidad sino que debía poseer buena calidad. Fue así como primero se construyeron obras por medio de las cuales se lograba encausarla y mejorar su accesibilidad para poder disponer de ella. Después hubo necesidad de protegerla de agentes externos a fin de mejorar y preservar su calidad.⁽²⁾

Entre los primeros procedimientos empleados para el mejoramiento de la calidad del agua está el de sedimentación natural en reservorios construidos para el efecto; otro de ellos es el de apertura de pequeños pozos en los márgenes de los ríos con el fin de clarificar el agua para proceder después al proceso de filtración.

^{1/} Augé, Paul. Enciclopedia Metódica Larousse. Francia: Larousse, impreso en París. 1964. 1 + 807p. (p. 545)

^{2/} Boza Quesada, Jorge. Filtro lento simplificado para áreas rurales. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala (Estudio especial presentado a la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, para obtención del grado académico de Magister Scientiæ en Ingeniería Sanitaria). Noviembre 1994. 67p. (p. 4)

En la actualidad existen plantas que emplean técnicas modernas, utilizando para el efecto los anteriores procedimientos. Aunque en algunos lugares de Guatemala e inclusive de América Latina son usados aún filtros de piedra, conocidos también como "Destiladeras", ya que estos pueblos carecen de un abastecimiento adecuado o de una buena fuente de agua.

Las destiladeras son filtros de piedra tallados a mano, se usaban en el medio Centroamericano por las poblaciones indígenas, data desde los años de la colonia y han sido consideradas como muy eficientes para purificación del agua, que se emplea en el consumo doméstico. Su uso está más generalizado en la población rural y especialmente en aquella que no cuenta con un abastecimiento de agua o que contando con él, ésta no presenta buenas características física y bacteriológicas.⁽³⁾

En Norte América y los países de Europa, los filtros inicialmente tuvieron carácter doméstico. Durante un tiempo se usaron los filtros de piedras porosas colocadas en tinajeros. En Francia se difundieron mucho durante el siglo XVIII y XIX los filtros de esponjas, paños, lana y otros materiales. Desde 1830 se inició el estudio de los filtros de arena, pero su desarrollo se vio impulsado cuando en el año de 1854 John Snow y John Yor lograron demostrar que algunas enfermedades y entre ellas el cólera, se transmitían por medio del agua, ya que esta es un factor importante pues además de servir para las actividades diarias puede ser un vehículo en la transmisión de enfermedades. En el año de 1892 se probó por primera vez la eficiencia de los filtros lentos de arena en los que se refiere a la eliminación de microorganismos. Su principio se basa en la purificación del agua simulando lo que ocurre con el agua de lluvia que cae sobre la superficie del suelo y se infiltra hasta llegar a los acuíferos.



^{3/} Idem. (2). Noviembre 1994. 67p. (p. 5)

La purificación del agua por medio de los filtros lentos es un proceso muy usado debido a su gran eficiencia, fácil operación y bajo costos. Históricamente dichos filtros han servido para propósitos útiles pero en la actualidad muy pocos se encuentran operando, ya que el desarrollo, el crecimiento de las ciudades y de la población han provocado que el requerimiento de agua potable sea mayor, y se necesiten grandes áreas y varios millones de galones por acre por día, para abastecer solamente a una población. ^(4,5)

En este caso las operaciones unitarias que son las indicadas para la obtención de agua potable de calidad, serían: los retenes o estanques de agua deben ser colocados en sitios estratégicos según la fuente de agua, para proporcionar una entrada que disminuirá la velocidad del flujo y en otros puntos clave previenen anomalías, luego se procede a añadir el coagulante (los más usados son el alumbre, aluminato de sodio, silicato coloidal y la bentonita) con el fin de quitar el material fino que se encuentra suspendido y se realiza con el objeto de aclarar el agua (ambos, el coagulante y el agua se debe agitar violentamente), y por último se procede a agregar el floculante con el fin de sedimentar todo el material suspendido. ⁽⁶⁾

En la actualidad las plantas modernas, se encuentran bien equipadas, e incluso miden automáticamente el volumen de agua que entra y, a la vez, agregan las cantidades adecuadas de reactivos. En las áreas en donde el agua tiene color y sabor desagradable, se puede utilizar el carbón activado con el fin de adsorber dichas propiedades. ⁽⁷⁾

^{4/} Sawyer N. and Perry Mc. Carty. Chemistry for sanitary Engineers. 2da. Edición. Japón: McGraw Hill, Tokio, Koga Kusha. 1969. Cap.XXI

^{5/} Rodezno Segura, Patricia Ivonne. Análisis del uso de la arena pómez en la filtración rápida para agua potable. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería (ERIS, para optar al título de Maestro en Ingeniería Sanitaria). Octubre 1986.

^{6/} Juárez P. Determinación de la calidad de agua, su utilización para consumo humano, para fines agrícolas y uso industrial de la fuente del área de la aldea Azcualpilla. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Tesis de Graduación, Facultad de Ingeniería. 1987. (p.77)

^{7/} Walter, William G. et all. Introducción a la Microbiología. 2da impresión. México: Continental, 1982. 409p. (p. 205-206)

Toda agua potable debe ser fresca, límpida, incolora e inodora; debe contener gases disueltos y una cantidad pequeña de sales que le comuniquen un ligero sabor, ya concentraciones excesivas de sales como las de calcio, la hacen impropia para la cocción de legumbres y no le confieren espuma al jabón.

Posteriormente se procede con esterilización con el fin de destruir microorganismos presentes; comenzando por la sedimentación que se efectúa en depósitos, donde el agua permanece en reposo y partículas grandes sedimentan (para acelerar este proceso y agrega sulfato de aluminio), así elimina microorganismos y materiales finamente suspendidos; el sedimento desciende y el agua pasa a través de lechos de arena o por filtración, en esta parte del proceso se retienen la mayor parte de las bacterias (aproximadamente en un 99%), los que subsisten son destruidos mediante un procedimiento químico o cloración para asegurar la potabilización del agua y en muchos casos la purificación se lleva a cabo por medio de los rayos ultravioletas. ⁽⁸⁾

Se puede decir que los tratamientos de agua por cloro y otros agentes desinfectantes tienen diferentes propiedades, ninguno de ellos es totalmente seguro que existe el riesgo potencial de que algún microorganismo patógeno pueda evadir su acción. Por esto es importante la introducción de otros indicadores de contaminación en agua que complemente la información de bacterias coliformes, de modo que se sepa exactamente la

8/ Pelckzar, Michael J., et all. Microbiología. 4ta edición. México: McGraw Hill de México 1991. 826p. (p. 683)

9/ Quan Serrano, Nancy Elizabeth. Uso de la radiación solar para la desinfección de agua contaminada con el agente causal del cólera. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, tesis de graduación para optar al título de Químico Biólogo. Octubre de 1994. 64p. (p. 1-4)

10/ Morales Perea, Gustavo Adolfo. Análisis químico bacteriológico de agua de pozo y evaluación del tratamiento de potabilización a través de cloración, en una empresa de productos alimenticios. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, tesis de graduación para optar al título de Químico Biólogo. Noviembre de 1991. 64p. (p.5, 50)

calidad del agua y la eficacia de los desinfectantes, así mismo se deben estudiar las formas de evasión de los microorganismos a los distintos tratamientos de agua. ^(9,10)

La cloración del agua como parte continua de un tratamiento, se adoptó por primera vez en Middlekerke, Bélgica, donde se originó el proceso llamado "Ferro-Chlor" de Maurice Duyle, en 1902, el cual se utilizó hasta en 1921. El segundo empleo continuo de la cloración ocurrió en Inglaterra, donde en 1905 Houston y Mc Gowan, emplearon hipoclorito de sodio para la desinfección del agua que surtían los filtros lentos de arena de la ciudad de Lincoln. ⁽¹¹⁾

Los hipocloritos modernos de alto rendimiento en la actualidad son los que generalmente se utilizan para la desinfección de aguas, ya que su disolución es rápida y fácil, dejan poco sedimento y son de bajo costo. Por lo que la desinfección del agua como tratamiento de potabilización es importante ya que previene el crecimiento de microorganismos patógenos como el causante del Cólera, desde 1991 no ha aparecido problemas epidemiológicos de esta mortal enfermedad, aunque han existido investigaciones sobre las medidas de prevención. ⁽¹²⁾

Escobar Valladares Edgar Enrique, en su tesis Desinfección del Agua para consumo Humano de una comunidad rural, puntualiza que la desinfección del agua con hipoclorito de sodio en solución al 5.5% calidad industrial, en dosis de 3 a 4 gotas por galón, después de 3 días de haber clorado el agua, el examen bacteriológico reveló la ausencia de bacterias coliformes y por ende, entérico de patógenos. Estas soluciones blanqueadoras, originan

^{11/} American Water Association. Agua su calidad y tratamiento. 2ª edición. México: Verrey J.M., tratado, Hispano Americana, 1968. 536p. (p. 195-242)

^{12/} Wong Pineda, Zoila Carolina. Determinación de la concentración de Hipoclorito de sodio de las soluciones comercializadas en Guatemala y Evaluación de las condiciones de almacenamiento. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, para optar al título de Químico Farmacéutico. 1995. 26p. (p.3)



valores aceptables de Cloro Residual Libre, en aguas muy claras, en las cuales inhibe el crecimiento bacteriano.⁽¹³⁾

La Organización Panamericana de la Salud y el Ministerio de Salud Pública a través de sus boletines informativos, recomienda que la única protección segura contra la ocurrencia de epidemias de cólera es contar con abastecimiento de agua potable y sistemas de saneamiento adecuados; requiriéndose para ello un monitoreo activo para asegurar que se mantengan los niveles de cloro recomendados.^(14,15)

Actualmente en Guatemala, el abastecimiento de agua entubada es deficiente especialmente en el interior de la República, donde la cobertura es menor al 50%. tomando en cuenta que el 60% de la tubería usada está dañada y según el último censo nacional 1 millón 98 mil 357 hogares reciben el vital líquido. (Fuente: Centro de Investigaciones Económicas Nacionales, X Censo Nacional de Población y V de Habitación, 1994 INE).

Es importante indicar que “agua entubada” no significa que sea potable o apta para consumo humano, ya que para ello se requieren de diferentes procesos para ser consumida y en algunos municipios no llenan estos requisitos de potabilización; provocando así problemas como enfermedades diarreicas por consumo de agua contaminada o la enfermedad del cólera, ya que muchos lugares no cuentan con infraestructura sanitaria adecuada que proporcione un mejor grado de potabilización y así disminuir una de las causas más importantes de mortandad en el país, por lo cual merece la atención necesaria.

13/ Escobar Edgar Enrique. Desinfección del agua para consumo humano de una comunidad rural. Estudio aplicativo realizado en la comunidad de San Martineros. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Médicas. Octubre 1991. 55p. (p.45)

14/ Organización Panamericana de la Salud. El caso del Cólera. Guatemala: 1992. Volúmen 11. 3p. (p. 378-380).

15/ Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. Lineamientos para el Control del Cólera. Guatemala: Revisión 1992. 3p.

El ingeniero Jorge Menaldo, del Programa de Saneamiento Básico y Rural de la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales Unepar, señala en Prensa Libre del 21 de febrero de 1999 que "el INFOM ha disminuido su agresividad por lo que a las municipalidades están faltas de asesoría técnica, que vigilen la calidad del agua e investigar nuevos nacimientos de agua ya que la demanda se ha incrementado con el aumento del índice de población". Por lo que se concluye que el área rural es la que padece los problemas más serios de falta del líquido y donde existe mayor contaminación y deficiencia total en la prestación de este servicio.

El propósito de asesoría técnica y profesional para el mejoramiento de evaluar la calidad del agua tiene como objetivo determinar la efectividad del tratamiento de cloración que se lleva en cada una de las plantas de abastecimientos tomando en cuenta parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos, y que el agua se encuentre dentro de ellos, conociendo así sus propiedades y calidad sanitaria. Esto indica que la realización de análisis sobre la calidad sanitaria del agua es importante que se realice, ya que el conocimiento del estado del agua que se bebe en Guatemala es vital para proteger la salud de la población y así poder aportar alternativas para mejorar la calidad del agua potable.

3.2. SERVICIO MUNICIPAL DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE MAZATENANGO.

La fuente es el río Sis, el sistema es por gravedad con una planta purificadora y desinfección con gas cloro. Se cuenta con 5.224 usuarios.

La planta purificadora de agua fue un trabajo realizado por el Licenciado en Química Farmacéutica José Méndez Calderón en 1960; por lo que planta hasta hora tiene 39 años de funcionamiento continuo.

La planta tiene dos líneas de acceso para agua “cruda”, cuyo diámetro en los tubos es de aproximadamente de 8 pulgadas, con una velocidad de entrada de 88 litros/seg., además esta compuesta por 6 tanques de los cuales son solo 3 los que están en funcionamiento (esto se explica con la velocidad con que el agua entra, ya que los seis (6) tanques no llegan a llenarse), los otros 3 restantes se mantienen con un colchón de agua de 20 cm., para que sus paredes no lleguen a quebrarse. Con respecto al filtro, es de tipo lento de arena, y el proceso de filtración no se realiza, ya que el caudal de agua es muy bajo, lo cual atrasaría en el abastecimiento de “agua potable” a los usuarios. Se cuenta además con tubería de abastecimiento tipo PVC (son 63 Km. cubiertos). en un 70% en su infraestructura.

Respecto al tratamiento realizado por parte de la municipalidad para el agua y así potabilizarla es el siguiente:

- Cuando se llenan los tres (3) tanques de agua cruda, se agregan aproximadamente 66 libras del cloro diariamente (en este caso no se agrega cal, ya que en investigaciones realizadas anteriormente, el agua del Río Sis es alcalina, por lo que le conferiría una mayor alcalinidad al agua).
- El proceso de sedimentación no se lleva a cabo ya que la demanda de agua es muy alta y este paso en el tratamiento impediría abastecer de “agua potable” a los usuarios.
- La filtración no se realiza, ya que el tratamiento del agua al ser filtrada sería muy lento.
- Se realiza una etapa de cristalización del agua utilizando para ello Sulfato de Aluminio aproximadamente se agregan diariamente 3 onzas durante la etapa de verano, durante el invierno se agregan 10 onzas ya que los niveles de lodo aumentan.
- Se realiza un control de pH y de concentración de niveles de cloro en el agua ya tratada (estos son los únicos ensayos de calidad que realiza la municipalidad por semana o por día), obteniéndose resultados de pH en rangos de 6 a 7.5 o de 7 a 7.5; y de cloro obtienen concentraciones en un rango de 1.2 a 2 ppm.

Gastos aproximados por mes realizados por la municipalidad para el tratamiento de agua, es el siguiente:

- Cloro: Q. 7,350.00
- Sulfato de Aluminio: Q.33,500.00
- Trabajadores (2): Q. 1,020.00⁽¹⁶⁾

^{16/}

Datos obtenidos con la colaboración del Jefe del Departamento de Agua de la Municipalidad de Mazatenango el señor Sergio Quan.

4. JUSTIFICACION.

Conforme pasan los años el desarrollo y la tecnología en muchas ciudades del “primer mundo” se incrementa, paralelamente en países como Guatemala con toda su riqueza natural a usar como lo son las fuentes de agua, no pueden abastecer a cada una de sus ciudades del vital líquido como lo es el agua potable, además de que en algunas municipalidades no cuentan con asesoría técnica que mejore la calidad del agua entubada que llega a cada uno de los hogares de estos pueblos.

En Mazatenango, cabecera del municipio de Suchitepéquez, la demanda de agua ha aumentado por lo que parte de las operaciones unitarias del proceso de potabilización no se lleva a cabo. En este caso es el proceso de sedimentación del agua una de las operaciones unitarias que no se realizan, ya que las autoridades argumentan que este procedimiento es muy lento, y que el tiempo que tardaría el agua en sedimentar partículas en suspensión, no les permitiría abastecer a la ciudad por varios días de “agua potable”. Además se cuenta con un filtro lento, que también no es usado por las causas anteriormente mencionadas. Por lo que se considera conveniente realizar un estudio especial sobre la calidad del agua potable municipal, basado fundamentalmente en los principios de encontrar solución a los problemas que confrontan los recursos naturales, ya que el tratamiento que se le da al agua es inadecuado por lo que se impone la necesidad de realizar un estudio sobre la calidad física, química y bacteriológica de la misma.

Este problema podría ocasionar en el futuro problemas que afectarían directamente a la población y sus alrededores; en el Boletín Epidemiológico mensual del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social No.2 del año 1997, indica que la situación epidemiológica de diarreas y cólera en el Departamento de Suchitepéquez es el segundo más afectado después que la ciudad de Amatitlán.

Por lo que se debe de tenerse una vigilancia epidemiológica que disminuya esta tasa de incidencia, ya que durante la época lluviosa podría ser un riesgo para aumentar estos daños a la salud y además el agua es un vehículo de enfermedades de origen hídrico como las causantes de infecciones del aparato digestivo –fiebre tifoidea, disentería (bacilar y amebiana) y cólera, todos estos agentes etiológicos se encuentran en materias fecales y la orina de los infectados y estos pueden llegar a un depósito de desemboque en una fuente de agua.



5. OBJETIVOS.

5.1.OBJETIVOS GENERALES.

- 5.1.1. Determinar la calidad del agua potable que se distribuye en el actual sistema municipal de la ciudad de Mazatenango, realizando para ello los correspondientes ensayos físicos, químicos y exámenes bacteriológicos.
- 5.1.2. Proporcionar información actualizada sobre la calidad del agua Municipal de la Ciudad de Mazatenango, para que su población cuente con servicio confiable.

5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- 5.2.1. Evaluar la calidad del agua en los sitios de captación de la misma, en este caso el Rio Sis ya que éste es el principal caudal de agua para abastecer a la ciudad de Mazatenango con agua potable, además de los tanques de distribución y de cada uno de las zonas que son abastecidas por agua potable en la ciudad de Mazatenango.
- 5.2.2. Proponer sugerencias, de acuerdo a los resultados que se obtengan en éste trabajo de tesis, que sean alternativas que permitan mejorar la calidad del agua potable para consumo humano.

6. HIPOTESIS.

El tratamiento del agua potable que se distribuye en la ciudad de Mazatenango, es adecuado, ya que las operaciones para su potabilización son llevadas a cabo llenando los requisitos de calidad establecidos por COGUANOR para el agua potable.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1.UNIVERSO DE TRABAJO.

El abastecimiento general de agua cruda para consumo humano, de la ciudad de Mazatenango, Suchitepéquez, proviene del Río Sis, llegando a los tanques de sedimentación, grifos pertenecientes a la planta de purificación. Las zonas que son abastecidas con dicha agua potable, son en este caso zona uno, zona dos y zona tres.

7.2.RECURSOS HUMANOS.

Autora: Br. María del Carmen Martínez D., estudiante de la carrera de Químico Farmacéutico.

Asesor: Licenciado Estuardo Serrano Vives

7.3.RECURSOS MATERIALES.

Cristalería, reactivos y equipo de laboratorio con la colaboración de Laboratorios LAMIR (Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) y el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA.

7.4.PROCEDIMIENTO.

Se realizó una toma de muestra en el punto de abastecimiento de agua cruda, otro del tanque de sedimentación, dos tanques de distribución, y por último muestras de los puntos

diferentes de cada una de las zonas que son abastecidas con agua potable, cuyo muestreo se realizó al azar, haciendo un número total de 36 muestras, durante la época de invierno (estas muestras serán destinadas a análisis físicos y químicos, y a exámenes bacteriológicos).

Utilizando las determinaciones siguientes, por medio de las técnicas que a continuación se describen:

7.4.1. Muestreo para el análisis físico, químico y bacteriológico.

7.4.1.1. Frecuencia: Los análisis físicos y químicos pueden hacerse de manera menos frecuente con respecto a los exámenes bacteriológicos. La frecuencia de los exámenes bacteriológicos, así como los puntos de muestreo, debe permitir la vigilancia adecuada de la calidad bacteriológica de los abastecimientos.

La frecuencia de los análisis dependerá de la calidad de la fuente de agua, los riesgos de contaminación el número de fuentes de agua y el peligro de que surjan epidemias, así como la magnitud de la población atendida.

7.4.1.2. Toma de la Muestra: Las muestras destinadas para el análisis físico y químico, se toman teniendo especial cuidado de no contaminarlas antes de llegar al laboratorio y se transportaran en recipientes de polietileno de 4 litros de capacidad. La técnica utilizada para la toma de muestras es la siguiente: se enjuaga 3 veces consecutivas el envase destinado a la muestra con el agua que se muestrea previo a su toma, luego el envase se identifica debidamente con una etiqueta que lleva los siguientes datos: Lugar, fuente, día,



hora, examen, tomada por, municipio, departamento. El período de tiempo comprendido entre la toma y el inicio de los análisis físico y químico nunca debe ser mayor a 20 horas.

Con respecto al tipo de muestreo para el examen bacteriológico, el grifo que se elija para los exámenes debe estar en buenas condiciones, conectado directamente a la red de distribución, se flamea y se deja correr el agua durante dos minutos, por lo menos, y se toma la muestra en frascos estériles de vidrio esmerilado con boca ancha y de 125 ml de capacidad. El tapón y el cuello del frasco deben estar protegidos con una cubierta de papel kraft. La muestra se transporta en hielo inmediatamente que se toma, se lleva al laboratorio para su examen correspondiente.

Si la muestra se recoge directamente de la fuente de abastecimiento, el frasco esterilizado debe sujetarse cerca del fondo y llenarse sin necesidad de enjuagarlo, para ello sumerja el frasco lo más cerca del fondo posible y con el cuello hacia abajo se le da vuelta de tal forma que quede ligeramente más elevado que el fondo y la boca en la dirección de la corriente, luego se abre el frasco y se llena dejando un espacio de aire adecuado para una posterior homogenización. Inmediatamente después de llenado se tapa y se coloca nuevamente la capucha de papel kraft con su respectiva identificación.

Las muestras deben ser transportadas y conservarlas en refrigeración y el periodo de tiempo comprendido entre la toma y el inicio del examen bacteriológico no debe ser mayor de 18 horas.

7.4.1.2.1. Diseño de la Muestra: Para ello se tomara en cuenta las zonas que son abastecidas con agua potable, con sus respectivos

barrios, colonias, cantones, residenciales y lotificaciones, haciendo un total de 29 muestras, las cuales se tomaran en residencias de las comunidades mencionadas. Las zonas están conformadas por:

➤ **Zona Uno (1).**

- Seis (6) Barrios:
 - Barrio Buena Vista.
 - Barrio El Tejar.
 - Barrio San José.
 - Barrio Corinto.
 - Barrio Parte de la otra B.
 - Barrio Porvenir.

➤ **Zona Dos (2).**

- Seis (6) Colonias:
 - Colonia Independencia.
 - Colonia Aceituno
 - Colonia Flor del Café.
 - Colonia Los Almendros.
 - Colonia Maya.
 - Colonia Obregón.
- Dos (2) Barrios:
 - Barrio La Esperanza.
 - Barrio La Unión.
- Dos (2) Cantones:
 - Cantón La Cruz.

- Cantón Santa Cristina.
- Cuatro (4) Lotificaciones:
 - Lotificación San Bartolo.
 - Lotificación Castillo.
 - Lotificación Godínez.
 - Lotificación El Relicario.

➤ **Zona tres (3).**

- Cinco (5) Cantones:
 - Cantón San Benito.
 - Cantón Santa Marta.
 - Cantón Las Flores.
 - Cantón Salajché.
 - Cantón Tabasco.
- Un (1) Barrio:
 - Barrio Candelaria.
- Un (1) Residencial:
 - Residenciales Las Flores.
- Una (1) Colonia:
 - Colonia San Andrés.
- Una (1) Lotificación:
 - Lotificación Ramírez.

Además se realizará un estudio de la calidad del agua tomando en cuenta muestras de la planta de abastecimiento, que se dividirán como sigue:

- 1 correspondiente a la línea de acceso
- 1 de los tanques de sedimentación.
- 2 tanques de distribución.
- No se tomará en cuenta muestra de filtración ya que dicho proceso no se lleva a cabo en dicha planta de potabilización.

7.4.2. Análisis de la Calidad del Agua.

En este trabajo de tesis se toman en cuenta tres tipos de análisis, que se realizan para determinar la calidad del agua superficial, dichos análisis han sido normados por varias instituciones de acuerdo al propósito y lugar donde se efectúan; se siguen generalmente las dictadas por el Método Estándar de la Asociación Americana de la Salud, Asociación Americana de Trabajadores de Agua y por el control federal de contaminación del agua, y las Normas COGUANOR.

A continuación se establecen y describen los análisis que se efectúan en muestra de agua:

7.4.2.1. Análisis Físicos:

7.4.2.1.1. Turbidez. Determinándose su aspecto cualitativo que se califica de acuerdo a una apreciación general del sentido de la vista como: claro, ligeramente turbio y turbio. Por lo tanto la turbiedad se expresa en unidades de turbiedad (UT), determinándose en un aparato Nefelométrico, por lo que los resultados se expresan como UTN (Unidades de turbiedad Nefelométricas).

7.4.2.1.2. Color. El color se determina en base a patrones de comparación de Platino-Cobalto; por lo que se expresa en Unidades de color (UC). Para ello se toman 50 ml de la

muestra y centrifugar a 400 rev/min durante 5 minutos. Se decanta y toman 25 ml de la muestra, comparar la muestra con los patrones previamente preparados. Observar mirando verticalmente hacia abajo, a través de los tubos contra una superficie blanca.

7.4.2.1.3. Potencial de Hidrógeno. Determinar el pH por medio de un potenciómetro (electrodo de cristal).

7.4.2.1.4. Cloro Residual. Se realiza a través de un Kit para determinar cloro en el instante de obtener la muestra en estudio. Se agrega en la celda respectiva la muestra de agua, por lo que se le añade un sobre de reactivo OTO y se mezcla. Se observa un cambio de color que se compara con una gama de colores que presenta el Kit para comparación previa y así determinar en ppm. la cantidad de cloro que se encuentra en la muestra en dicho momento.

7.4.2.1.5. Conductividad Eléctrica. La conductividad se define como la cantidad de electricidad transportada de un electrodo al otro y nos indica con bastante exactitud, la concentración de sólidos iónicos disueltos. Para ello se trabaja con el aparato denominado Potenciómetro Beckman Zeromatic II.

7.4.2.2. Análisis Químico:

7.4.2.2.1. Cloruros. El análisis se llevará a cabo por el método de Mohr. Se mide volumétricamente 10 ml de muestra y agregan un ácido o una base inorgánica para obtener un pH entre 7 y 10. Adicionar 1 ml de solución de dicromato de potasio

indicador y titular con solución de Nitrato de plata a 0.0141 Normal

7.4.2.2.2. Nitrógeno en sus diversas formas.

7.4.2.2.2.1. Nitratos. Por el Método de Brucina. Si la muestra tiene cloro, adicionar 0.1 ml de solución de arsenito 0.028 N por cada 0.05 mg de Cl y mezclar. Añadir 1 Gota en exceso a 50 ml de la muestra. Agregar en una vaso de 50 ml, 2 ml de muestra y 1 ml de reactivo brucina-ácido sulfanílico; en otro vaso de la misma capacidad 10 ml de solución de ácido sulfúrico, agregar el contenido del primer vaso en el segundo, mezclar trasvasando unas 4 a 6 veces. Cubrir la mezcla y dejarla reposar 10 minutos en la obscuridad. Añadir 10 ml de agua destilada a la muestra y mezclar de igual forma que la mezcla anterior. Dejar enfriar por 30 minutos en la obscuridad. Realizar una lectura espectrofotométrica de absorción ultravioleta con longitud de onda de 410 nm contra un patrón.

7.4.2.2.2.2. Nitritos. Si la muestra tiene sólidos suspendidos o color, agregar 2 ml de la suspensión de hidróxido de aluminio a 100 ml de la muestra agitar bien, dejar sedimentar por unos minutos y filtrar desechando las primeras porciones del filtrado. Diluir 25 ml de la muestra a 50 ml con agua destilada, y añadir 2 ml de una mezcla de volúmenes iguales de solución de ácido sulfanílico y solución de 1-naftilamina. Mezclar bien y esperar por 60 minutos de reacción; proteger de la irradiación solar directa. Medir la absorbancia de muestra, patrón y blanco a 543 nm.

- 7.4.2.2.3. Hierro.** Por método espectrofotométrico. Medir volumétricamente con agitación previa 50 ml de muestra y agregar 2 ml de solución de ácido clorhídrico y 1 ml de hidroxilamina; calentar a ebullición hasta que el volumen se reduzca a 15 o 20 ml. Enfriar a temperatura ambiente y pasar la solución a una matraz aforado de 50 ml, agregar 10 ml de la solución amortiguadora de acetato y 2 ml de la solución de fenantrolina; diluir hasta el aforo con agua destilada. Mezclar y dejar reposar. Prepara una serie de estándares de la solución patrón de hierro y un blanco tratándolas de la misma forma que la muestra. Proceder a la lectura de las muestras a 510 nm.
- 7.4.2.2.4. Dureza.** Se expresan sus resultados en mg/l $\text{Ca}(\text{CO}_3)^2$. Para lo cual se agregan a 25 ml de muestra medidos volumétricamente, 2 ml de solución de hidróxido de sodio, o un volumen suficiente para obtener un pH de 12 a 13. Mezclar y agregar 3 gotas de negro de ericromo-T como indicador y titular con EDTA sódico 0.01M. Usar blanco en todas las determinaciones.
- 7.4.2.2.5. Alcalinidad en sus diversas formas.** Se determina la alcalinidad total titulando con ácido sulfúrico 0.02N y usando fenoftaleína y naranja de metilo como indicadores. La alcalinidad a la Fenoftaleína a pH 8. Alcalinidad debida a la suma de hidróxido libre y carbonatos. Resultados expresados en mg/l de CaCO_3 . La alcalinidad de Naranja de metilo a pH 4. Alcalinidad que representa la suma de la alcalinidad a la fenoftaleína, más una gran parte de la alcalinidad debida a bases orgánicas e inorgánicas. Resultados expresados en m/l de CaCO_3 .

7.4.2.2.6. Fluoruros. Se miden 25 cc. con una pipeta volumétrica de muestra contra un blanco de agua destilada. Se colocan ambas muestras en un erlenmeyer de 50 cc. y se agregan 5 cc. de reactivo SPANDS, se agita y se espera por un minuto para cada una de las muestras y se lee en el espectrofotómetro a 580 nm.

7.4.2.2.7. Calcio. En un erlenmeyer se colocan 50 cc. de muestra, se agregan 2 cc. de NaOH 1N, se agita la mezcla y se agregan de 3 a 5 gotas de indicador Murexida. Se procede a valorar con EDTA 0.01 M. Cada ml de EDTA es igual a 1 mg CaCO₃ multiplicado por 8.016 dando como resultado mg Ca⁺²/Lt. Por lo que la dureza total se describe como:

$$\text{Dureza total [mgCaCO}_3\text{]} = 2.497[\text{mg. Ca}^{+2}] + 4.118[\text{mg. Mg}]$$

7.4.2.2.8. Sulfatos. Se afora una de las celdas del espectrofotómetro a 25 cc. con muestra de agua. En otra celda se afora a 25 cc con una mezcla de Cloruro de bario grado analítico y muestra de agua, se mezcla. Previamente se programa el espectrofotómetro para 5 minutos con la mezcla a 450 nm y se procede a la lectura.

7.5. Examen Bacteriológico:

Este examen comprende: Recuento total de gérmenes a 35°C y a 20°C, expresado el resultado en número de bacterias por cc. Una investigación de grupos coliformes mediante el método de los tubos de fermentación por diluciones múltiples. Expresándose los resultados por el número más probable (NMP) por 100 cc., de muestra de agua.

Se realizan tres etapas: Prueba presuntiva, Prueba confirmativa y Prueba completa. En la prueba confirmativa se hace diferenciación entre coliformes totales

(Enterobacter aerógenes y Escherichia coli a $35^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$) y Coliformes fecales (Escherichia coli a $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$).

“Este método consiste básicamente en tres pruebas:

- **Presuntiva.** Consiste básicamente en sembrar volúmenes apropiados de la muestra de agua en tubos con un medio de cultivo de caldo lactosado y observar si se produce gas después de un período de incubación de 24 horas a 48 horas a 35°C . La ausencia de gas después de 48 horas, es prueba de que no existen bacterias coliformes en la muestra analizada y constituye una prueba negativa. La presencia de gas en los tubos de caldo lactosado constituye una prueba positiva. Pero no necesariamente confirma la presencia de coliformes, ya que existe la posibilidad de que la formación de gas se debe a otro tipo de microorganismos que no constituyen índice de polución. Por esta razón, es necesaria realizar la prueba confirmativa.
- **Confirmativa.** Consiste básicamente en inocular todos los tubos que den un resultado positivo en la prueba presuntiva en un medio de cultivo adecuado para el grupo coliforme a investigar. Para el grupo coliforme total el medio es caldo lactosado con bilis de buey y verde brillante, y para el grupo coliforme fecal el medio E.C. Las condiciones a las cuales se llevan a cabo estas determinaciones, se pueden observar en las características del grupo coliforme descrito anteriormente, al igual que la prueba presuntiva, la ausencia de gas después del período de incubación, constituye una prueba negativa, y la presencia de gas una prueba positiva, con la diferencia que al ser investigada, la prueba confirma la presencia del grupo coliforme que se ha de investigar (fecal, total o ambas).
- **Completa.** La prueba completa se aplica como siguiente paso después de la prueba confirmativa, se puede aplicar a los tubos de fermentación de caldo lactosado con bilis de buey y verde brillante que han mostrado gas en la prueba confirmativa; para esto, se siembra por cada tubo positivo, un tubo de fermentación con caldo lactosado y



agar nutritivo inclinado, incubándose de 24 a 48 horas, aplicándose a los resultados positivos, la tinción de Gram, con el objetivo de demostrar que son bacilos, no esporulados, Gram negativos, característicos del grupo coliforme total o fecal.”⁽¹⁷⁾

En este caso la prueba decisiva es la confirmativa puesto que determina la presencia de coliformes totales y fecales, además de ser un indicador del contenido bacteriológico de la muestra, así demostrar y establecer la contaminación del agua potable por distintos factores como lo es la falta de funcionamiento de los filtros de agua en la ciudad de Mazatenango.

El grupo coliforme total incluye a todos los cultivos aerobios y anaerobios facultativos. Gram negativos, esporógenos, que fermentan la lactosa con formación de ácido y de gas en un lapso de 24 a 48 horas en un rango de temperatura de $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, este tipo de característica se manifiesta cuando se utiliza el método de tubos de fermentación por diluciones múltiples. Dentro de este grupo de bacterias se encuentran específicamente: *Escherichia coli* y *Enterobacter aerógenes*.

El grupo coliforme fecal se distingue porque fermenta en los tubos donde se encuentra un medio de cultivo tipo E.C. formando gas al final en un tiempo de 24 horas. El microorganismo que se encuentra en el crecimiento bacteriano es la *Escherichia coli*. La norma de COGUANOR NGO 29001, define este grupo como bacilos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa, con producción de ácido y gas en un rango de temperatura de $44^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ en un tiempo de 24 horas; este tipo de característica se manifiesta cuando se utiliza este tipo de método de investigación.

Este método bacteriológico esta descrito en el “Libro Estándar Methods for the Examination of Water and Wasterwater”, publicado por la American Water Works

17/ Méndez González, Lylian Edna. Control de Calidad de Agua Potable para consumo humano de la ciudad de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis de Graduación para optar al título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 1984. 65p. (p. 34)

Association, American Public Health Association y la Federation of Sewage and Industrial Waste Associations, 16th edition.

La frecuencia y los puntos de muestreo dependerán de la calidad de la fuente de agua, los riesgos de contaminación existentes, la complejidad del sistema de distribución, el número de fuentes de agua y el peligro de que surjan epidemias, así como la magnitud de la población entendida.⁽²¹⁾

En cada toma de muestra debe etiquetarse el frasco correctamente para su identificación, conteniendo los siguientes datos: fecha, hora, lugar, fuente, condiciones de transporte, temperatura captada, interesado, municipio y departamento. Para ello debe utilizarse frascos estériles de vidrio esmerilado con boca ancha y de 125 ml de capacidad; el tapón y el cuello del frasco deben estar protegidos con una cubierta de papel kraft. El grifo elegido para la toma de muestra debe estar en buenas condiciones, conectado a la red de distribución municipal; antes de tomar la muestra de agua debe flameársele y dejar correr el agua por 2 minutos como mínimo. Si la muestra es directa de la fuente se llena el frasco sin previo enjuague. Inmediatamente después de tomar la muestra se tapa y se coloca nuevamente la capucha de papel kraft con su respectiva identificación.

En cuanto a las características bacteriológicas la norma COGUANOR NGO 29001, determina lo siguiente en sus inciso "5.2 y 5.3":

"5.2. Para nuevas introducciones de agua potable, en la evaluación de las plantas de depuración y para evaluaciones anuales, se debe proceder según se indica en los numerales 5.2.1.:

21/ Berganza Portillo de Vanegas, Nora Elizabeth. Análisis físico, químico y examen bacteriológico del agua para consumo humano de la población del Amatillo, Ipala, del departamento de Chiquimula. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Tesis de graduación para optar el título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 1982. 30p. (p.11)

- 5.2.1. Cuando en el método de los tubos múltiples de fermentación se examinan tres porciones de 10 cm³, tres porciones de 1 cm³ y tres porciones de 0.1cm³, la ausencia de gas en todos los tubos se expresan como un número más probable menor de 3.0 coliformes en 100 cm³, lo cual se interpreta comúnmente como un indicador de que est muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para consumo humano.
- 5.3. En el método de los tubos múltiples de fermentación, una muestra positiva confirmada en tres o más tubos (de porciones de 10 cm³ o más), se indica la necesidad de una acción correctiva inmediata y de exámenes adicionales.

8. RESULTADOS.

TABLA No.1

DATOS GENERALES DE MUESTREO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MAZATENANGO

Número de Muestra	Día de Toma de Muestra	Hora De Muestreo	Lugar o Dirección donde se muestreo
1	5 de Septiembre	6:20 p.m.	11 calle 6-25 zona 1 "Barrio el Tejar"
2	5 de Septiembre	6:30 p.m.	5ta. Calle 2-177 zona 3 "Cantón Santa Marta"
3	5 de Septiembre	6:40 p.m.	2av. 2-37 zona 3 "Lotificación Ramírez"
4	5 de Septiembre	6:50 p.m.	2av. 2-58 zona 3 "Cantón San Benito"
5	5 de Septiembre	7:00 p.m.	8av. 7-76 zona 1 "Barrio Parte de la Otra Banda"
6	5 de Septiembre	7:10 p.m.	8ava. Calle 7-49 zona 1 "Barrio el Corinto"
7	5 de Septiembre	7:20 p.m.	3era calle 6-33 zona 1 "Barrio San José"
8	5 de Septiembre	7:35 p.m.	Zona 2 "Colonia Obregón"
9	5 de Septiembre	7:47 p.m.	5ta. Calle 3-16 zona 1 "Barrio Buena Vista"
10	19 de Septiembre	5:05 p.m.	7ma. Ave. 2-194 zona 3 "Cantón Las Flores"
11	19 de Septiembre	5:20 p.m.	1era. Calle 1-00 zona 3 "Cantón Salajché"
12	19 de Septiembre	5:35 p.m.	10ma. Calle 3era. Ave. Zona 3 "Residenciales Las Flores"
13	19 de Septiembre	5:45 p.m.	2-09 Calle salida a Sto. Domingo Zona 3 "Cantón Tabasco"
14	19 de Septiembre	6:00 p.m.	Zona 3 "Barrio Candelaria"
15	19 de Septiembre	6:20 p.m.	1era. Calle "A" 1-25 zona 2 "Colonia Los Almendros"
16	3 de Octubre	6:20 p.m.	10ma. Calle "A" 3-11 Zona 3 "Colonia San Andrés"
17	3 de Octubre	6:30 p.m.	1av. 2-216 Zona 2 "Colonia La Independencia"
18	3 de Octubre	6:40 p.m.	1era calle 4-10 Zona 2 "Lotificación Godínez"
19	3 de Octubre	6:50 p.m.	7ma. Calle 8 ave. No.1 2do. Grupo zona 2 "Colonia Flor del Café"
20	3 de Octubre	7:10 p.m.	3era. Ave. Esquina zona 2 "Colonia Aceituno"
21	3 de Octubre	7:25 p.m.	Lote No. 4 Lot. Cafetalito Zona 2 "Barrio La Unión"
22	24 de Octubre	6:00 p.m.	Zona 1 "Barrio el Porvenir"
23	24 de Octubre	6:15 p.m.	Zona 2 "Colonia Maya"
24	24 de Octubre	6:25 p.m.	Zona 2 "Barrio La Esperanza"
25	24 de Octubre	6:35 p.m.	Zona 2 "Cantón La Cruz"
26	24 de Octubre	6:45 p.m.	Zona 2 "Cantón Santa Cristina"
27	24 de Octubre	6:55 p.m.	Zona 2 "Lotificación San Bartolomé"
28	24 de Octubre	7:10 p.m.	Zona 2 "Lotificación Castillo"
29	24 de Octubre	7:25 p.m.	Zona 2 "Lotificación El Relicario"

Fuente: Elaboración propia, comprendida dentro de los meses de Septiembre a Octubre de 1999. Se realiza un muestreo al azar de cada una de la zonas que son abastecidas con agua potable municipal, conforme a lo establecido en la metodología.

TABLA No. 2
EXAMEN BACTERIOLOGICO REALIZADO EN EL MES DE SEPTIEMBRE, PARA CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MAZATENANGO

Número De muestra	DILUCION 0.1 ml		DILUCION 1.0 ml		DILUCION 10 ml		Recuento de Bacterias en Placa en medio Agar NMP/100cm ³
	FORMACIÓN DE BURBUJA		FORMACIÓN DE BURBUJA		FORMACION DE BURBUJA		
	Caldo Lactosado	Caldo E. coli	Caldo Lactosado	Caldo E. coli	Caldo Lactosado	Caldo E. coli	
1	++++	-	+++	-	+++	-	2500 nmp/cm ³
2	++++	-	++++	-	++	-	2600 nmp/cm ³
3	++++	-	++++	-	++	-	3700 nmp/cm ³
4	++++	-	++++	-	++	-	3200 nmp/cm ³
5	+++	-	++++	-	++++	-	1600 nmp/cm ³
6	++++	-	+++	-	++	-	100 nmp/cm ³
7	+	-	+	-	+	-	500 nmp/cm ³
8	-	-	-	-	-	-	100 nmp/cm ³
9	+	-	++++	-	++	-	1600 nmp/cm ³
10	-	-	+	-	+++	-	100 nmp/cm ³
11	-	-	+	-	+	-	100 nmp/cm ³
12	++++	-	++++	-	++++	-	2000 nmp/cm ³
13	++++	-	++++	-	++++	-	5900 nmp/cm ³
14	-	-	+	-	+	-	100 nmp/cm ³
15	+	-	+	-	+	-	100 nmp/cm ³
16	+++	+	++++	++++	++++	+	1300 nmp/100cm ³
17	-	-	-	-	+	+	200 nmp/100 cm ³
18	-	-	-	-	-	-	300 nmp/100 cm ³
19	++++	++++	++++	++++	++++	++++	3300 nmp/100 cm ³
20	-	-	-	-	+	+	100 nmp/100 cm ³
21	-	-	-	-	+	+	100 nmp/100 cm ³
22	++++	++++	++++	++++	++++	++++	6000 nmp/100 cm ³
23	-	-	-	-	+	+	600 nmp/ 100 cm ³
24	+++	-	++++	-	++++	+	100 nmp/100 cm ³
25	+	-	++++	-	++++	+	100 nmp/100 cm ³
26	-	-	-	-	+	+	100 nmp/100 cm ³
27	-	-	-	-	+	+	300 nmp/100 cm ³
28	+	-	++++	-	++++	+	1600 nmp/100 cm ³
29	+++	-	++++	-	++++	+	1600 nmp/100 cm ³

Fuente: Resultados que se obtuvieron en el Laboratorio "LAMIR", en ambos casos se examinan cinco porciones de cada dilución. Por lo descrito en ambas tablas la prueba presuntiva muestra en un 48% de los casos presencia de coliformes u otros microorganismos; en la prueba confirmativa se toma como positivo en un 5% de los casos; en el recuento total de bacterias se presenta un resultado positivo en todos los casos por el que muestra un 100%, por lo que se confirma presencia del grupo coliforme, ya que se presentan en más de una muestra mensual, cuando se examinan mensualmente menos de 20 muestras por un mes; según establecido por la Norma COGUANOR para control de calidad de agua potable para consumo humano.

TABLA No. 3
PRIMER EXAMEN BACTERIOLOGICO REALIZADO DURANTE EL MES DE SEPTIEMBRE, DE LA PLANTA DE PURIFICACIÓN Y DE LAS ZONAS COMPRENDIDAS, PARA CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MAZATENANGO

Tipo De muestra	DILUCION 0.1 ml		DILUCION 1.0 ml		DILUCION 10 ml	
	FORMACIÓN DE BURBUJA		FORMACIÓN DE BURBUJA		FORMACIÓN DE BURBUJA	
	Caldo Lauril Sulfato	Caldo Bilis Verde	Caldo Lauril sulfato	Caldo Bilis Verde	Caldo Lauril Sulfato	Caldo Bilis Verde
Río	+++	+++	+++	+++	+++	++++
Tanque de Sedimentación	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Tanque de Distribución 1	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Tanque de Distribución 2	+++	+++	+++	++	++	+++
Zona 1	++	++	++	++	+++	+++
Zona 2	++	++	++	++	+++	+++
Zona 3	++	++	++	++	++	+++

Fuente: Datos que se obtuvieron y realizaron en el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro Investigaciones de Ingeniería. Por lo que se determina que un 62% de los casos muestra una respuesta positiva ante la prueba confirmativa para presencia de grupo coliforme total y coliforme fecal. (Ya que algunas muestras en el método de tubos múltiples de fermentación se obtienen muestras positivas confirmadas en tres tubos de porciones de 0.1 cc., 1.0 cc., 10 cc.).

TABLA No. 4
SEGUNDO EXAMEN BACTERIOLOGICO REALIZADO DURANTE EL MES DE OCTUBRE, DE LA PLANTA DE PURIFICACIÓN Y DE LAS ZONAS COMPRENDIDAS, PARA CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MAZATENANGO

Tipo De muestra	DILUCION 0.1 ml		DILUCION 1.0 ml		DILUCION 10 ml	
	FORMACIÓN DE BURBUJA		FORMACIÓN DE BURBUJA		FORMACIÓN DE BURBUJA	
	Caldo Lauril Sulfato	Caldo Bilis Verde	Caldo Lauril sulfato	Caldo Bilis Verde	Caldo Lauril Sulfato	Caldo Bilis Verde
Río	+++	+++	+++	+++	+++	++++
Tanque de Sedimentación	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Tanque de Distribución 1	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Tanque de Distribución 2	+++	+++	+++	++	++	+++
Zona 1	++	++	++	++	+++	+++
Zona 2	++	++	++	++	+++	+++
Zona 3	++	++	++	++	+++	+++

Fuente: Datos que se obtuvieron y realizaron en el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro Investigaciones de Ingeniería. Por lo que se determina que un 67% de los casos muestra una respuesta positiva ante la prueba confirmativa para presencia de grupo coliforme total y coliforme fecal.

TABLA No. 5
TERCER EXAMEN BACTERIOLOGICO REALIZADO DURANTE EL MES DE OCTUBRE, DE LA PLANTA DE PURIFICACIÓN Y DE LAS ZONAS COMPRENDIDAS, PARA CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MAZATENANGO

Tipo De muestra	DILUCION 0.1 ml		DILUCION 1.0 ml		DILUCION 10 ml	
	FORMACIÓN DE BURBUJA		FORMACIÓN DE BURBUJA		FORMACIÓN DE BURBUJA	
	Caldo Lauril Sulfato	Caldo Bilis Verde	Caldo Lauril sulfato	Caldo Bilis Verde	Caldo Lauril Sulfato	Caldo Bilis Verde
Río	+++	+++	+++	+++	+++	++++
Tanque de Sedimentación	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Tanque de Distribución 1	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Tanque de Distribución 2	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Zona 1	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Zona 2	++	++	++	++	+++	+++
Zona 3	++	++	++	++	++	++

Fuente: Datos que se obtuvieron y realizaron en el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro Investigaciones de Ingeniería. Por lo que se determina que un 76% de los casos muestra una respuesta positiva ante la prueba confirmativa para presencia de grupo coliforme total y coliforme fecal.

TABLA No. 6
ANÁLISIS DE CALIDAD FÍSICA DEL AGUA MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE MAZATENANGO PARA DETERMINAR SU USO PARA CONSUMO HUMANO

PARÁMETRO FÍSICO	TIPO DE MUESTRA	VALOR DE LABORATORIO	NORMA COGUANOR NGO. 29,001		OBSERVACIONES
			LMA	LMP	
Potencial de Hidrógeno (pH)	Río	7.202	6.6 - 8.5	6.5 - 9.2	APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	6.955			
	Tanque distribución 1	6.869			
	Tanque distribución 2	6.896			
	Zona 1	6.950			
	Zona 2	6.889			
Turbiedad UTN	Río	5.5	5.0	25.0	APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	1.3			
	Tanque distribución 1	1.5			
	Tanque distribución 2	1.3			
	Zona 1	4.0			
	Zona 2	1.5			
Color U	Río	50	5.0	50.0	APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	5.0			
	Tanque distribución 1	3.0			
	Tanque distribución 2	3.0			
	Zona 1	38			
	Zona 2	9.0			
Conductividad Eléctrica mho/cm a 25°C	Río	76.4	50 mho	1500 mho	APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	73.5			
	Tanque distribución 1	74.2			
	Tanque distribución 2	72.7			
	Zona 1	73.4			
	Zona 2	69.9			
Sólidos Disueltos Mg/lit	Río	42.02	500 mg/lit	1500 mg/lit	APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	40.25			
	Tanque distribución 1	40.81			
	Tanque distribución 2	39.99			
	Zona 1	40.37			
	Zona 2	38.45			
	Zona 3	39.71			

Fuente: Cada uno de los procedimientos para la obtención de estos resultados se obtuvieron en el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA.



TABLA No. 7
ANALISIS DE CALIDAD QUIMICA DEL AGUA MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE MAZATENANGO PARA
DETERMINAR SU USO PARA CONSUMO HUMANO

PARAMETRO QUIMICO	TIPO DE MUESTRA	VALOR DE LABORATORIO	NORMA COGUANOR NGO. 29,001		OBSERVACIONES
			LMA	LMP	
Calcio mg/lt	Río	5.611	75	200	APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	3.607			
	Tanque distribución 1	4.810			
	Tanque distribución 2	4.810			
	Zona 1	4.810			
	Zona 2	4.810			
Cloruros mg/lt	Río	0.68	200	600	NO ES APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	1.70			
	Tanque distribución 1	0.85			
	Tanque distribución 2	0.76			
	Zona 1	1.27			
	Zona 2	1.61			
Dureza Total mg/lt como (CaCO ₃)	Río	42	100	500	APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	22			
	Tanque distribución 1	26			
	Tanque distribución 2	26			
	Zona 1	28			
	Zona 2	20			
Fluoruros mg/lt	Río	0.07	0.00	1.7	APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	0.03			
	Tanque de distribución 1	0.05			
	Tanque distribución 2	0.04			
	Zona 1	0.05			
	Zona 2	0.06			
Hierro Total mg/lt	Río	0.08	0.10	1.0	APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	0.01			
	Tanque de distribución 1	0.02			
	Tanque distribución 2	0.03			
	Zona 1	0.07			
	Zona 2	0.03			
Magnesio mg/lt	Río	13.63	50	150	APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	10.42			
	Tanque de distribución 1	9.62			
	Tanque distribución 2	10.42			
	Zona 1	12.83			
	Zona 2	9.62			
Nitratos mg/lt	Río	5.06	0.00	45	APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	4.84			
	Tanque de distribución 1	4.84			
	Tanque distribución 2	4.84			
	Zona 1	5.28			
	Zona 2	4.40			
Nitritos mg/lt	Río	0.004	0.000	0.01	APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	0.003			
	Tanque de distribución 1	0.001			
	Tanque distribución 2	0.001			
	Zona 1	0			
	Zona 2	0			
	Zona 3	0			

TABLA No. 7.1
ANÁLISIS DE CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE MAZATENANGO PARA DETERMINAR SU USO PARA CONSUMO HUMANO

PARÁMETRO QUÍMICO	TIPO DE MUESTRA	VALOR DE LABORATORIO	NORMA COGUANOR NGO. 29,001		OBSERVACIONES
			LMA	LMP	
Sulfatos mg/lit	Río	0.0	200	400	APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	16			
	Tanque distribución 1	17			
	Tanque distribución 2	16			
	Zona 1	15			
	Zona 2	17			
Cloro residual libre mg/lit	Río	0.1	0.3 - 0.5	0.6 - 1.0	NO APTA PARA CONSUMO HUMANO
	Tanque de sedimentación	0.1			
	Tanque distribución 1	0.2			
	Tanque distribución 2	0.2			
	Zona 1	0.2			
	Zona 2	0.2			

Fuente: Las pruebas de la calidad química del agua potable municipal y la planta de potabilización se realizan en el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, tomando en cuenta cada uno de los métodos anteriormente descritos, por lo que los resultados se presentan tanto en la Tabla 7 y 7.1.

9. DISCUSION.

- Como puede observarse en la tabla No. 2 en la prueba presuntiva para formación de burbuja en un medio de caldo lactosado, que representaría la prueba presuntiva para coliformes, en un 48% de los casos fueron positivos, en el segundo medio que es el de E. Coli se obtuvieron datos de un 5% de casos positivos. Por lo cual se procede al recuento total de bacterias, ya que estas pruebas no satisfacen los niveles de confiabilidad, por lo que se obtienen datos desde 100 nmp/100 cc. a 6000 nmp/100 cc. Para ello se examinaron porciones de 10 cc., y el 100 porciento de las muestras mostró la presencia de grupo coliforme, ya que se obtuvieron datos positivos de crecimiento de colonias consecutivas en más de una muestra mensual y se examinaron además menos de 20 muestras por mes, como lo indica la Norma COGUANOR NGO 29001. Esta prueba por lo tanto es positiva para presencia de grupos coliformes, por lo cual el agua potable municipal no es apta para consumo humano.
- En el caso del examen bacteriológico donde sé tomo en cuenta la fuente (Río Sis), tanque de sedimentación, tanques de distribución y muestras de las zonas urbanas abastecidas por agua potable municipal (Tablas No.3, No. 4 y No. 5, descritas en el inciso de resultados), se obtuvieron datos que puntualizan con mayor porcentaje la presencia de coliformes totales (medio utilizado Caldo Lauril Sulfato) y coliformes fecales (medio utilizado Bilis Verde). Estos porcentajes se encuentran en un rango de 62% a 76% de presencia de coliformes en las muestras de agua cruda, agua tratada y agua potable distribuida; por lo deben de tomarse las medidas correctivas, para el mejoramiento de la calidad del agua potable municipal.
- En el caso de la calidad física del agua municipal de Mazatenango se tomaron en cuenta varios parámetros como lo son: Potencial de hidrógeno, Turbiedad, Color, Conductividad, sólidos disuelto, cuyos resultados proporcionan una calidad apta para consumo humano. Por lo que se puede indicar que el agua cruda, tratada y distribuida no presenta contaminación ambiental; no existe la presencia de materia orgánica del

suelo de origen vegetal e inorgánica por altas concentraciones de metales en suspensión, además de otros organismos microscópicos.

- Según lo indicado en la Tabla No. 7 de análisis de calidad química del agua municipal de Mazatenango los parámetros como calcio, dureza total, fluoruros, hierro total, magnesio, nitratos, nitritos y sulfatos, determinan que el agua es apta para consumo humano: estos resultados indican que el agua cruda, tratada y distribuida no presenta altas concentraciones de sólidos iónicos disueltos, que provocaría si fuera lo contrario incrustaciones en tuberías, calentadores, utensilios y piezas sanitarias.
- En el caso del cloro residual libre y mg/lit de cloruros, no se obtuvieron resultados óptimos, para que ésta pueda ser apta para consumo humano. Por lo que el proceso más importante utilizado para la obtención de agua potable no se está realizando de manera óptima para el alcanzar los niveles de calidad sanitaria del agua. Si estos parámetros no llegaran a alcanzar los niveles máximos aceptables o límites máximos permisibles, la población urbana de la ciudad de Mazatenango estaría amenazada y susceptible a brotes de enfermedades transmitidas a través del agua, y a cambios físicos desagradables como olor y sabor del agua, ya que el cloro permite controlar olores a hierba o de tipo pantanoso característicos de la misma.
- Por lo descrito en los antecedentes en el proceso de potabilización no se lleva a cabo uno de los pasos fundamentales el cual es la *filtración*, por lo que en época de invierno se produce mayor formación de lodo, y eso es lo que puede observarse en el agua cuando ésta llega a cada una de las casas en las cuales se distribuye agua potable municipal.



10. CONCLUSIONES

- 10.1. La única fuente principal de abastecimiento de agua municipal de esta región es el Río Sis; esta agua se caracteriza por ser límpida, aunque su aprovechamiento no es el mejor, ya que no se cuenta con una adecuada planta de potabilización. Además el poco volumen explotado no llena los requisitos de calidad, y así es suministrado para uso público urbano, ya que este servicio posee gran demanda.
- 10.2. El volumen suministrado de agua potable municipal, la mayoría del tiempo no responde a la demanda, ya que se ha observado racionalización del servicio. Además por lo descrito en los resultados y discusión el agua no contiene las concentraciones adecuadas de cloro residual, cloruros y presencia de coliformes totales y fecales. Por lo que el proceso de cloración no se realiza adecuadamente, además de que el agua no es filtrada previamente.
- 10.3. Una mejor eficiencia en el uso del recurso monetario por parte de las autoridades municipales permite solventar la modernización de la planta y el fortalecimiento de la sistematización, operación y mantenimiento de la planta de potabilización, y por ende el mejoramiento del servicio y calidad del agua potable municipal.
- 10.4. Es necesario puntualizar que la Municipalidad debe responsabilizarse por mantener la Planta de Potabilización en buenas condiciones, ya que actualmente ésta no se encuentra en condiciones óptimas para realizar el procedimiento de potabilización.
- 10.5. Es indispensable realizar programas de detección de fugas y reposición de tuberías antiguas con el fin de mejorar el uso del agua suministrada por las redes de abastecimiento.

- 10.6. Según los datos obtenidos la eficiencia en la cloración del agua no se realiza de manera óptima para que ésta llene la calidad sanitaria adecuada. Esto puede depender de la calidad y naturaleza del desinfectante, mal manejo en lo proceso de cloración del agua y el no realizar el monitoreo constante de los niveles de cloro en agua cruda, tratada y distribuida.
- 10.7. Es importante indicar que deben tomarse en cuenta los porcentajes de los niveles de eficiencia, cuyos puntos principales pueden ser: La relación entre el volumen captado por la fuente y el entregado al usuario del servicio; la eficiencia en la facturación, comercialización y problemas de cobranza; control de la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua potable municipal; problemas de fugas de agua potable en el sistema de distribución; y medición de los consumos. Puntos que de alguna manera reflejan los avances o deficiencias del servicio o como si se cuenta con una planta de potabilización obsoleta y falta de actualización en el sistema administrativo.
- 10.8. Es necesario indicar que el tratamiento para potabilización del agua que se distribuye en la ciudad de Mazatenango no es el indicado, ya que las operaciones para su potabilización (filtración y cloración) no son llevadas a cabo con eficiencia, no llenando así los requisitos de calidad establecidos por COGUANOR para el agua potable; rechazándose así la hipótesis planteada en ésta investigación.

11. RECOMENDACIONES.

- 11.1. Debe tomarse en cuenta la importancia de conocer el uso adecuado del agua, la disponibilidad, su distribución y la calidad; para cumplir con las exigencias de la sociedad y un mejor aprovechamiento de este recurso. Además de que el agua potable es uno de los pilares fundamentales en el desarrollo de las ciudades rurales, cuya cobertura y calidad dependen de las exigencias de la población.
- 11.2. Sería de gran importancia que las autoridades del municipio de Mazatenango contaran con un comité de investigación, donde se recopilara la información para la optimización del procesamiento del agua, del recurso humano para dicho procedimiento se elaboraran planes maestros para el mejoramiento del servicio y la calidad del agua potable municipal y se estableciera una gerencia técnica que analice consumos, calidad y el mejoramiento de sistematización del servicio.
- 11.3. Deben implantarse programas donde se verifique la calidad del agua municipal de acuerdo a las normas oficiales nacionales (COGUANOR), y verifiquen su cumplimiento. Una buena conservación de la infraestructura de la planta de potabilización o su respectiva ampliación, el mantenimiento del equipo de desinfección (filtros), la verificación de descarga de aguas residuales contaminadas por plaguicidas, por parte de fincas agroindustriales circunvecinas y el control de las redes de abastecimiento a la población urbana.
- 11.4. El crecimiento poblacional del Municipio de Mazatenango en los próximos años irá en aumento, por lo que la población demandará mejor servicio de agua potable; por esto, es importante puntualizar el mejoramiento de la infraestructura de la planta de potabilización y redes de abastecimiento, para alcanzar los niveles óptimos de calidad.

- 11.5. Se debe indicar que el problema del agua potable se intensifica durante estos últimos años, por no contar con nuevas fuentes de agua dulce (aprovechamiento de aguas subterráneas). Además se debe hacer el mejoramiento de la planta de potabilización para llevar a cabo cada uno de los procesos que intensifican la calidad del agua potable como lo son la filtración y la adecuada cloración de los tanques de distribución.
- 11.6. Para que exista un cambio circunstancial en la calidad del agua potable municipal de la ciudad de Mazatenango, debe contarse con la integración de nueva infraestructura en la planta de potabilización, mejoramiento en la sistematización del agua y de las redes de distribución.
- 11.7. El mejoramiento de la sistematización y de la calidad del agua potable es de fundamental importancia para la salud del usuario; ya que está demostrado que las principales causas de mortandad son las enfermedades diarreicas, y se considera que el agua es el vector principal de la bacteria del cólera. Por lo que los esfuerzos de las autoridades municipales deben concentrarse en el mejoramiento de la calidad del agua y su cloración, permitiendo así reducir el número de casos de infección ó evitar una epidemia, cuyo origen es el agua contaminada o agua cuyo proceso de potabilización no es el adecuado.

12. REFERENCIAS.

- 12.1.American Water Association. Aguas su calidad y tratamiento. 2ª edición. México: Verrey J.M., tratado. Hispano Americana, 1968. 536p. (p. 194-242)
- 12.2.APHA, AWWA y WWA. Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho. 14ª edición. México: Editorial Interamericana, 1975. 598p. (p. 103-598)
- 12.3.Arosamena González, Alcides. Ensayo de arena pómez como medio filtrante. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería para optar al título de Ingeniería Sanitaria. Noviembre de 1986
- 12.4.Augé, Paul. Enciclopedia Metódica Laurosse. Francia: Laurosse, impreso en París, 1964. I + 807p. (p. 545)
- 12.5.Berganza Portillo de Vanegas, Nora Elizabeth. Análisis físico, químico y examen bacteriológico del agua para consumo humano de la población del Amatillo, Ipala, del departamento de Chiquimula. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, tesis de graduación para optar al título de Químico Farmacéutico, 1982. 30p. (p. 13-25)
- 12.6.Boza Quezada, Jorge. Filtro lento simplificado para áreas rurales. Guatemala Universidad de San Carlos de Guatemala (Estudio especial presentado a la escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, para obtención del grado académico de Magister Scientifcae en Ingeniería Sanitaria), Noviembre 1994. 67p. (p. 4-67)
- 12.7.Catalán Lafuente, J. Química del Agua. Edición. España: Boume, 1969.

- 12.8. Escobar, E.E. Desinfección e agua para consumo humano de una comunidad rural. Estudio aplicativo realizado en la comunidad de San Martineros. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas, tesis de graduación para optar al Título de Médico y Cirujano. 1991. 54p.
- 12.9. Juárez, P. Determinación de la calidad de agua, su utilización para consumo humano, para fines agrícolas y su uso industrial de la fuente del área de la aldea Azcaulpilla. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, tesis de graduación. 1987. 77p.
- 12.10. Kemmer, Frank et all. Nalco. Manual del agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. México: Mc. Graw-Hill/Interamericana de México, 1990. Cap. XXII (1-14)
- 12.11. Martínez Domínguez, José Felipe. Las prácticas de Socialización religiosa de las madres hacia sus hijos e hijas. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ciencia Política, tesis para optar al título de Sociólogo, 1997. 368p. (p. 73-83)
- 12.12. Mijangos, Victor. Estudio preliminar de aguas subterráneas en la cuenca del río Salamá. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1978.
- 12.13. Mortimer, Charles E. Química. 5ta. Edición. México: Iberoamericana, 1983. 768p. (p. 219-229)
- 12.14. Muralles Araujo, Mirna Lissette. Detección y cuantificación de sustancias químicas para establecer niveles de contaminación de agua en las aguas de invierno del Lago de Amatitlán, Parte (III). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, tesis de graduación, Facultad de Ciencias Química y Farmacia, para optar al título de Químico Farmacéutico, 1984. 83p. (p. 68-71)

- 12.15. Organización Panamericana de la Salud. El caso del Cólera. Guatemala: Volumen 11, 1992. 3p. (p. 378-380)
- 12.16. Palma Murga, Gustavo. (ed.). Índice general del archivo del extinguido juzgado privativo de tierras depositado en la escribanía de cámara del supremo gobierno de la República de Guatemala. México: Ediciones de la Casa Chata Hidalgo y Matamoros, Tlalpan, Centro de investigaciones y Estudios superiores en Antropología social. (p. 439)
- 12.17. Pelckzar, Michael J. Microbiología. 4ª edición. México: Mc. Graw-Hill de México 1991. 826p. (p. 683)
- 12.18. Pinto de Tassinari, María Coralia. Estudio preliminar de la capacidad de regeneración de las aguas de la cuenca de las Vacas –Motagua-. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, tesis de graduación para optar al título de Químico Farmacéutico, 1980. 286p. (p. 41-203)
- 12.19. Remington. Farmacia. 17ª edición. Argentina: Médica Panamericana, 1987. 2723p. (p. 510-511)
- 12.20. Rodezno Segura, Patricia Ivonne. Análisis del uso de la arena pómez en la infiltración rápida para agua potable. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, para optar al título de Ingeniería Sanitaria. Octubre de 1986.
- 12.21. Rodríguez López, Víctor. Control de calidad del agua para consumo humano de la ciudad de Chiquimula. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, tesis de graduación para optar al título de Químico Biólogo. 1987.

- 12.22. Sánchez, Carlos. Control de calidad de agua potable, para consumo humano de la población del Amatillo, Ipala, del departamento de Chiquimula. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, tesis de graduación para optar al título de Químico Farmacéutico. 1978. 35p. (p. 17, 31-35)
- 12.23. Sawyer and Mc. Carty. Chemistry for sanitary engineers. 2ª edición. USA: Mc. Graw Hill, Koga Kusha. Cap. XXII.
- 12.24. Tabarini de Abreu. Eutroficación del Lago de Amatitlán. Guatemala: Informe Preliminar. 1976.
- 12.25. Tabarini de Abreu, Alba. Notas del Curso de Química Sanitaria. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería, 1982. 9p. (p. 15-16, 26-32)
- 12.26. Umaña Granados, Juan Guillermo. Evaluación de un filtro lento que utiliza arena pómez para tratar un afluente procedente de un proceso biológico. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, para optar al título de Ingeniería Sanitaria. Octubre de 1986.
- 12.27. Vargas R. Sergio. Parámetros de la calidad de las aguas naturales de la República de Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, tesis de graduación para optar al título de Ingeniero Civil. 10p. (p. 26-36)
- 12.28. Walter, William G. et all. Introducción a la Microbiología. 2ª reimpresión. México: Mc. Graw Hill de México, 1982. 409p. (p. 205-206)

- 12.29. Winfried, H. Blank. Preparación de agua para la industria de Bebidas (I). Australia: Revista Alimentación y Tecnología. Junio 1994. 4p. (p. 29-32)
- 12.30. Wong Pineda, Zoila Carolina. Determinación de la concentración de hipoclorito de sodio de las soluciones comercializadas en Guatemala y Evaluación de las condiciones ideales de Almacenamiento. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Química y Farmacia, tesis de graduación para optar al título de Químico Farmacéutico. 1995. 26p. (p. 3-26)

13. ANEXOS.

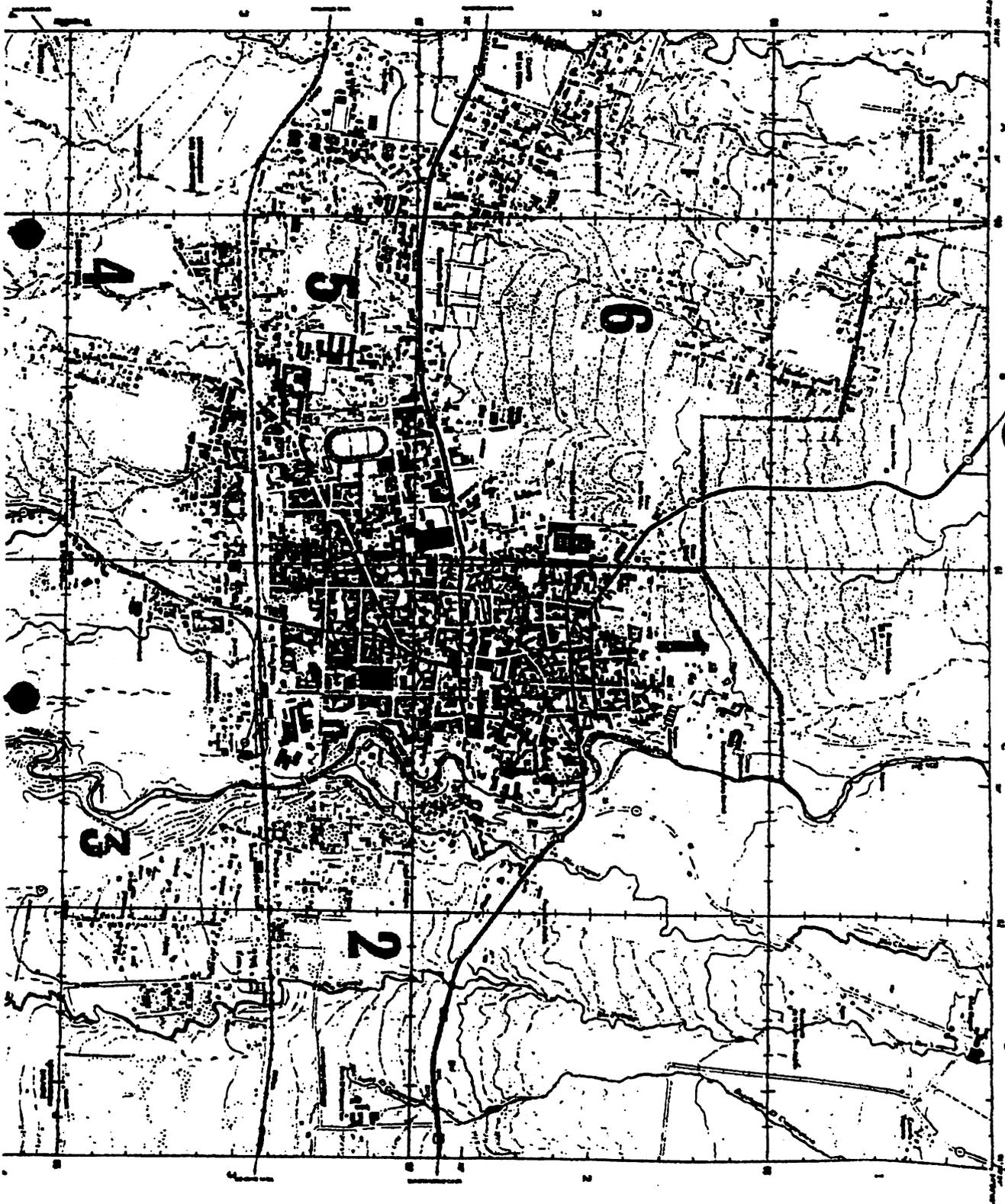
ANEXO No.1

**Delimitación Geográfica del Departamento de Suchitepéquez
MUNICIPIOS**

CUADRO DE MAZATECUANCO 1:7,500

CUADRO DE MAZATECUANCO

ANEXO A LA ESCALA 1:7,500

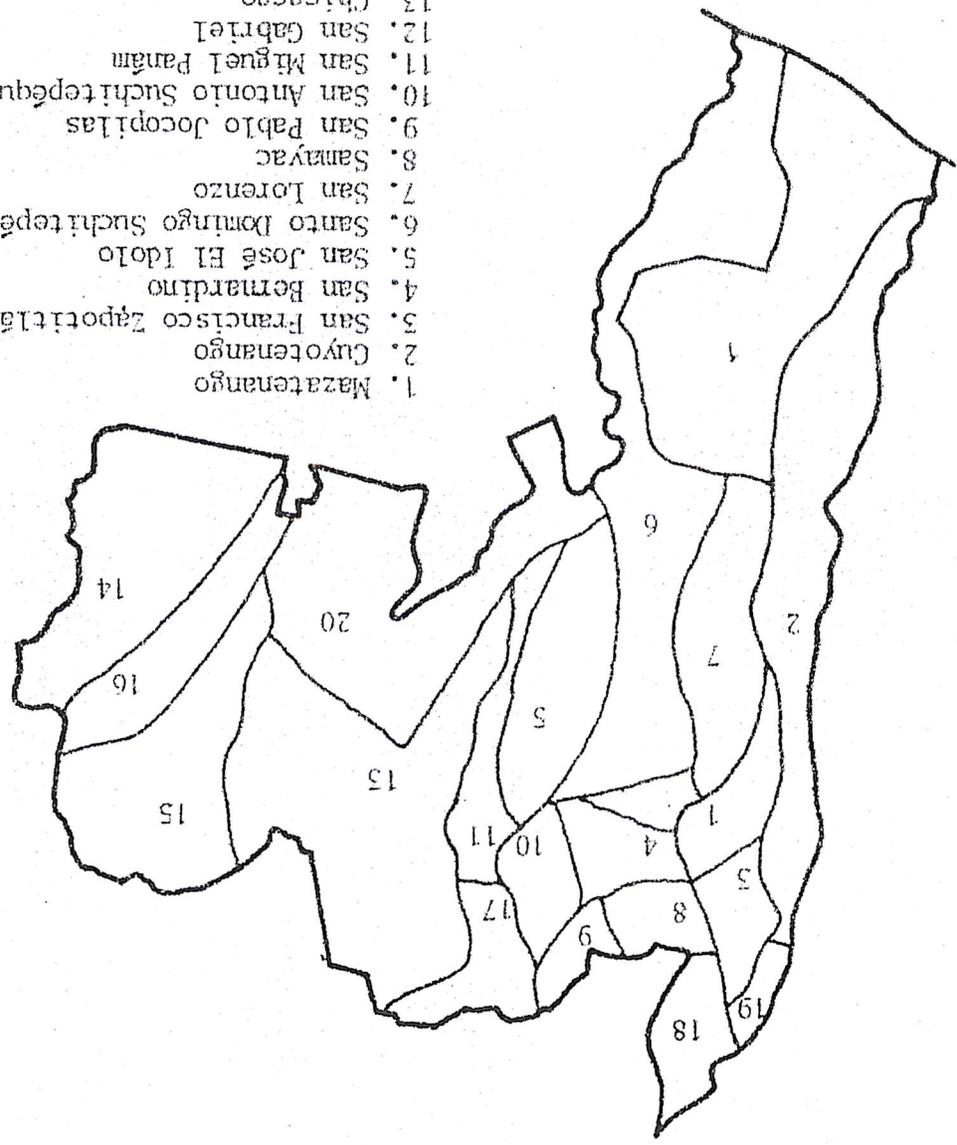


ANEXO No.2

**Delimitación Espacial y Reseña Histórica del Municipio de
Mazatenango.**

MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ

1. Mazatenango
2. Cuyotenango Zapotitlán
3. San Francisco Zapotitlán
4. San Bernardino
5. San José El Idolo
6. Santo Domingo Suchitepequez
7. San Lorenzo
8. Samiyac
9. San Pablo Jocopillas
10. San Antonio Suchitepequez
11. San Miguel Panam
12. San Gabriel
13. Chicacao
14. Patulul
15. Santa Barbara
16. San Juan Bautista
17. Santo Tomás La Unión
18. Zumbilito
19. Pueblo Nuevo
20. Río Bravo



ENTORNO GEO-ECONOMICO Y SOCIAL, DE LA CIUDAD DE MAZATENANGO, CABECERA DEPARTAMENTAL DE SUCHITEPEQUEZ.

- **DELIMITACION ESPACIAL.**

Para tener una idea de lo que conforma el universo geográfico y poblaciones de la ciudad de Mazatenango se describe a continuación; la ciudad está conformada por: seis (6) zonas: de las cuales solamente la zona 1, zona 2 y zona 3 de esta ciudad poseen el servicio municipal de agua potable. Cada una de estas zonas está conformada por:

- **Zona Uno (1).**

- Seis (6) Barrios:
 - Barrio Buena Vista.
 - Barrio El Tejar.
 - Barrio San José.
 - Barrio Corinto.
 - Barrio Parte de la otra Banda.
 - Barrio Porvenir.

- **Zona Dos (2).**

- Seis (6) Colonias:
 - Colonia Independencia.
 - Colonia Aceituno
 - Colonia Flor del Café.
 - Colonia Los Almendros.
 - Colonia Maya.
 - Colonia Obregón.
- Dos (2) Barrios:
 - Barrio La Esperanza.
 - Barrio La Unión.
- Dos (2) Cantones:
 - Cantón La Cruz.

- Cantón Santa Cristina.
- Cuatro (4) Lotificaciones:
 - Lotificación San Bartolomé.
 - Lotificación Castillo.
 - Lotificación Godinez.
 - Lotificación El Relicario.

➤ **Zona tres (3).**

- Cinco (5) Cantones:
 - Cantón San Benito.
 - Cantón Santa Marta.
 - Cantón Las Flores.
 - Cantón Salajché.
 - Cantón Tabasco.
- Un (1) Barrio:
 - Barrio Candelaria.
- Un (1) Residencial:
 - Residenciales Las Flores.
- Una (1) Colonia:
 - Colonia San Andrés.
- Una (1) Lotificación:
 - Lotificación Ramírez.⁽¹⁸⁾



• **DATOS GENERALES HISTORICOS DE MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ.**

Aproximadamente en el año de 1758 el departamento de Suchitepéquez se encontraba geográficamente conformado de la siguiente manera: “Departamento antiguamente llamado

18/ División de Estudios Geográficos. Departamento de Geografía Humana. Clasificación 22.24.06. Hoja No.2. Esta lista sustituye a la anterior del 24 de abril de 1979. Guatemala, 30 de mayo de 1994.

Zapotitlán y provincia de San Antonio. Está situado entre los de: Escuintla, Sololá, San Marcos, Chimaltenango, Quezaltenango y el Mar Pacífico.

Su cabecera es Mazatenango, y sus quince pueblos principales son los siguientes: Cuyotenango, Retalhuleu, Santa Catarina, San Gabriel, San Lorenzo, Santo Domingo, San Bernardino, San Antonio, Santo Tomás Perdido, Samayac, San Francisco, Pueblo Nuevo San Felipe, San Martín, San Andrés Villaseca y San Sebastián.⁽¹⁹⁾

En la actualidad (1999), el departamento de Suchitepéquez se encuentra conformado por los siguientes veinte municipios: Mazatenango (cabecera), Cuyotenango, San Francisco Zapotitlan, San Bernardino, San José el Idolo, Santo Domingo Such., San Lorenzo, Samayac, San Pablo Jocopilas, San Antonio Such., San Miguel Panám, San Gabriel, Chicaco, Patulul, Santa Bárbara, San Juan Bautista, Santo Tomás la Unión, Zunilito, Pueblo Nuevo y Río Bravo.

El municipio de Mazatenango, es ahora la cabecera del departamento de Suchitepéquez. En idioma quiché el nombre de Mazatenango significa Cacolqueij, o cazador de venados. “La cabecera, Mazatenango, se elevó a categoría de villa por decreto número 63 de la Asamblea Constituyente del Estado de Guatemala, fechado el 29 de octubre de 1825, según aparece en el Catálogo Razonado de Leyes de Guatemala de Alejandro Marure (1856).

Con fecha 5 de diciembre de 1851, el Gobierno emitió un acuerdo, por medio del cual se trasladaba a Mazatenango la cabecera del departamento de Suchitepéquez y no obstante que en algunos documentos de siglo XIX se menciona a Mazatenango como ciudad, de conformidad con acuerdo gubernativo del 6 de noviembre de 1915 –que no fue recopilado en dicha fecha se le concedió el título de ciudad.

19/ Palma Murga, Gustavo (ed.). Índice general del archivo del extinguido juzgado privativo de tierras depositado en la escribanía de cámara del supremo gobierno de la República de Guatemala. México: Ediciones de la Casa Chata hidalgo y Matamoros, Tlalpan, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. (p. 439)

El acuerdo gubernativo de 7 de diciembre de 1886 dispuso la erección de un hospital. Los trabajos se iniciaron el 24 de octubre de 1889 y el hospital se inauguró el 21 de noviembre de 1898 habiendo sido su fundador el coronel Manuel Monteros Franco, jefe político del departamento.

Por acuerdo gubernativo del 4 de junio de 1949, se abrió al servicio público en la cabecera, Mazatenango, una oficina de Correos y Telecomunicaciones de primera Categoría.

En cuanto a la diversificación agrícola e industrial dentro de la zona de estudio, la “población se dedica a la agricultura, siendo los principales cultivo: café, cacao, banano, maíz, plátano, chile y frutas; a la ganadería bobina y porcina; así como a la crianza de aves.

La industria está representada por fábricas de: velas, hielo, cohetes, licores, aserraderos, beneficios de café y embotelladoras de aguas carbonatadas. La actividad comercial se da a gran escala por ser municipio de paso entre la capital y la frontera mexicana, por lo que se cuenta con todo tipo de negocios.

Entre los servicios públicos municipales se encuentran: el rastro (ubicado en el barrio El Porvenir, es utilizado diariamente para matar ganado mayor y menor), mercado (uno central y otro tipo terminal), alcantarillado (es un sistema combinado sin ningún tipo de tratamiento) y agua potable (el que tendrá énfasis en este trabajo de tesis).

Cuenta con una población urbana en cifras absolutas de 20,918 (100%), que se distribuye según sexo en: Hombres 9,871 individuos (47.19%) y Mujeres 11,047 individuos (52.81%).”⁽²⁰⁾

20/ Martínez Domínguez, José Felipe. Las Prácticas de Socialización religiosa de las Madres hacia sus hijos e hijas. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, tesis de graduación para optar al título de Sociólogo, Escuela de Ciencia Política. 369p. (p. 73-83)

ANEXO No.3

PROCESOS DE PREPARACION DE AGUA POTABLE.

PROCESOS DE PREPARACION DE AGUA POTABLE.

- **Definición de Agua potable.**

"Es el agua <<apta para beber>>, o es el agua natural que se ha hecho segura y adecuada para uso humano, este tipo de agua es administrado en las ciudades por las plantas municipales. El suministro de agua potable es una de las funciones más importantes de las comunidades modernas." ⁽²¹⁾

- **Proceso de Preparación.**

"El proceso total incluye la remoción de materia insoluble por métodos apropiados de coagulación, sedimentación, filtrado, destrucción de microorganismos patógenos por aereación, cloración y otros métodos, mejoramiento del sabor por aereación y filtración a través de carbón.

Los métodos usados dependen de la profundidad del tratamiento y determinados factores que dependen del número y de los tipos de impurezas que el agua natural pueda presentar. Por eso deben considerarse el gusto, el color, el olor, el pH, los sólidos totales y los organismos patógenos.

El carbón activado también remueve trazas de impurezas nocivas como trihalometanos, que en las operaciones anteriores no pudieron removerse ni destruirse. En las regiones donde el agua es excesivamente dura su "ablandamiento" se hace por remoción parcial de sales disueltas por precipitación como carbonatos (Ca^2 y Mg^2) y como hidróxido (Fe^3), agregando cal o amoníaco.

21/ Remington. Farmacia. 17ª. Edición. Buenos Aires: Médica Panamericana, 1987. Cap. III. (p. 510-511)

Los estándares para agua potable son publicados por EPA. En emergencias el agua puede purificarse (librarse de microorganismos viables) hirviéndola durante 15 a 20 minutos o tratándola con halazona o yodo.”⁽²²⁾

El tratamiento seleccionado consistirá en una serie de operaciones unitarias cuyo orden a seguir será:

- **Coagulación:** por reactivos químicos llamados también sustancias coagulantes como el sulfato de hierro o ferroso y está también el sulfato de aluminio. Estas sales se hidrolizan en soluciones muy diluidas para dar precipitados gelatinosos, que coagulan las últimas trazas de sólidos finos, mejorando así la eficiencia de la filtración.
- **Sedimentación:** el proceso se realiza dejando reposar el agua en recipientes especiales o tanques de sedimentación bajo condiciones adecuadas. En esta etapa se remueven las sales de carbonatos ya que solamente la dureza de bicarbonatos puede reducirse por este tratamiento.
- **Filtración:** se lleva a cabo a través de capas de grava y arena de diferente grado.
- **Cloración:** se procede a clorar el agua si ésta se encuentra muy contaminada, usándose para ello el hipoclorito de calcio en polvo o en tabletas o el hipoclorito de sodio en solución (ambas sustancias tienen efecto germicida). “Si por algunas circunstancias el agua se encuentra hiperclorada (cuyo resultado es un fuerte olor y sabor a cloro) se procede a la adsorción sobre carbón para eliminar concentraciones altas de cloro presentes en el agua.”⁽²³⁾
- **Aereación:** hasta este punto del proceso el tratamiento se encontraría completo, sin embargo debe procederse al mejoramiento del gusto y del olor, si el agua presenta altas concentraciones de algas y protozoos o se encuentra contaminada con desechos industriales, la aereación reduce los olores y los sabores desagradables. Además el proceso de aereación destruye las bacterias anaeróbicas; ahora cuando se trata de microorganismos patógenos deben ser controlados por procedimientos de oxidación.

22/ Idem (16) Cap. III (p. 511)

23/ Walter, William G. et all. Introducción a la Microbiología. 2ª reimpresión, México: Mc. Graw Hill de México, 1982. 409p. (p. 205-206)

- **Fluorización:** es practicada en algunas ciudades, cuyos niveles de flúor en el agua son deficientes. Este procedimiento se realiza para la prevención de caries. Para ello se utiliza el fluosilicato de sodio, el ácido fluosilícico, además pero muy poco el fluosilicato de amonio (rangos de concentración que se recomienda de fluosilicato son de 0.8 a 1.3 ppm).

Los estándares o los requisitos de pureza del agua potable son establecidos por: los servicios de salud pública de cada uno de los países que prestan dicho servicio, distintas farmacopeas y por pruebas de pureza publicados (USP y EPA).

Cuando las aguas naturales en algunas localidades son relativamente puras y suelen tener buena calidad requieren un mínimo de tratamiento, tan sólo la desinfección es suficiente y debe asegurarse de la pureza bacteriológica del agua. Mientras que en otras comunidades si el agua presenta contaminación o se encuentra impura el tratamiento debe ser más eficaz y profundo con el efecto de evitar problemas de salud en los consumidores, por lo que el agua es procesada antes de que su apariencia y su sabor sean satisfactorios y se le considere como potable.





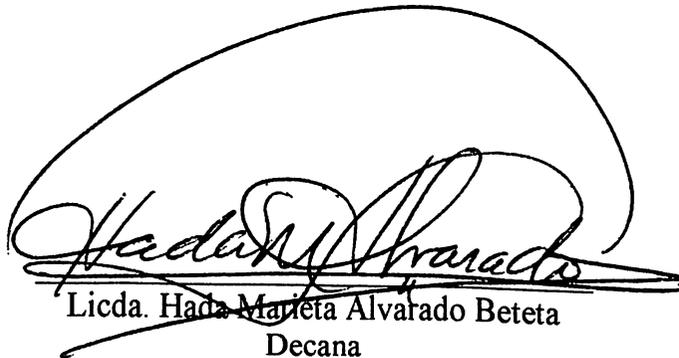
Br. Maria del Carmen Martinez Dominguez
Autora



Lic. Estuardo Serrano Vives
Asesor



Lic. Estuardo Serrano Vives
Director



Licda. Hada Marieta Alvarado Beteta
Decana