

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

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a cross, a book, and other heraldic symbols. The shield is surrounded by a circular border containing the Latin motto "LETTERAS QVIAS CONSPICUA CAROLINA AC ACADEMIA COACATEMALENSIS INTER".

DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS  
Y MICROBIOLOGICOS DEL AGUA DE DISTRIBUCION MUNICIPAL EN  
PUERTO BARRIOS, CABECERA DEL DEPARTAMENTO DE IZABAL

EVELYN VERONICA DE LA PEÑA ORELLANA  
QUIMICA FARMACEUTICA

GUATEMALA, MAYO DEL 2006

## JUNTA DIRECTIVA

M.Sc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán	Decano
Licda. Jannette Sandoval Madrid de Cardona	Secretaria
Licda. Gloria Elizabeth Navas Escobedo	Vocal I
Licda. Liliana Vides de Urizar	Vocal II
Licda. Beatriz Eugenia Batres de Jiménez	Vocal III
Br. Juan Francisco Carrascoza Mayén	Vocal IV
Br. Susana Elizabeth Aguilar Castro	Vocal V

## DEDICATORIA

- A DIOS** Por su amor y bondad, por las bendiciones en mi vida y todas las cosas especiales que me ha dado.
- A MARIA** Por ser mi guía y fortaleza en los momentos difíciles.
- A MIS PADRES** Gustavo Adolfo y Alma Lilia por su amor incondicional y confianza en mí.
- A MIS HIJOS** José Alejandro y Karla Paola quienes son mi mayor orgullo y la razón de mi vida.
- A MI ESPOSO** Edgar Antonio por su ayuda y colaboración.
- A MIS HERMANOS** Nidia Ivonne (QEPE), Liesel, Byron y Otto por los tiempos compartidos y su ayuda en todo momento.
- A MIS SOBRINOS** María Teresa, Natalie y Fabio. Muchos éxitos en su futuro.
- A MIS CUÑADOS** Francisco y Vivian.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a los Licenciados Edgar del Pozo y Rodolfo Girón y a todo el personal del Laboratorio ECOQUIMSA, quienes hicieron posible la realización de esta tesis. También agradezco a la Licda. Silvia Echeverría por su ayuda y apoyo en todo momento. Y a todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible que esta tesis fuera una realidad. Mil gracias...

## INDICE

1. RESUMEN .....	5
2. INTRODUCCION .....	6
3. ANTECEDENTES .....	8
4. JUSTIFICACION .....	22
5. OBJETIVOS .....	24
6. HIPOTESIS .....	25
7. MATERIALES Y METODOS .....	26
8. RESULTADOS .....	31
9. DISCUSION DE RESULTADOS .....	35
10. CONCLUSIONES .....	38
11. RECOMENDACIONES .....	39
12. REFERENCIAS .....	40

## 1. RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo la finalidad de determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de distribución municipal en la ciudad de Puerto Barrios, cabecera del departamento de Izabal. Para esto, se realizó inicialmente una investigación sobre esta cabecera departamental y la empresa municipal que abastece el agua a sus pobladores.

Con estos datos, se diseñó el método estadístico a seguir y se procedió a la toma de muestras de la siguiente forma: se trabajaron 2 muestreos exploratorios, tomando 8 muestras en total en los siguientes puntos: 1 muestra por cada uno de los barrios a los que llega el agua municipal (El Rastro, El Bordo, Loma Linda, Las Nubes, de la 15 a la 19 calle y de la 14 a la 18 avenida) y 1 muestra de cada uno de los dos pozos que suministra el agua municipal.

El período de la toma de muestras se llevó a cabo durante la época lluviosa (de mayo a noviembre) y durante la época seca (de diciembre a abril).

Estas muestras se llevaron al Laboratorio ECOQUIMSA, lugar donde se procedió a su análisis en base al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Según los resultados obtenidos, se determinó que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en las muestras de agua de distribución municipal en Puerto Barrios no cumplen con las especificaciones de la Norma COGUANOR NGO 29 001:29 para agua potable.

## 2. INTRODUCCIÓN

Puerto Barrios, cabecera del departamento de Izabal, tiene una población de 97,382 habitantes, una extensión territorial de 292 km<sup>2</sup> y se encuentra a una altitud de 1 metro sobre el nivel de mar. Cuenta con los servicios básicos de energía eléctrica, agua (con un deficiente sistema de alcantarillado sanitario), calles pavimentadas y servicio telefónico.<sup>(1)</sup>

En Puerto Barrios funciona la empresa de agua municipal EMAGUA (Empresa Municipal de Agua) de cuyo sistema de abastecimiento se obtuvieron las muestras a analizar para la presente investigación. La Dirección del Área de Salud de Puerto Barrios realiza análisis al agua únicamente cuando hay algún brote de enfermedades diarreicas para verificar la desinfección de la misma, es decir, no se cuenta con un programa de monitoreo regular.<sup>(2)</sup>

En Puerto Barrios, la población en general desconoce la importancia de evitar la contaminación de las fuentes hídricas, ya que el agua contaminada genera, entre otros problemas, enfermedades que pueden llegar a ser mortales, especialmente en niños y ancianos.

Siendo Puerto Barrios la cabecera departamental de Izabal y un lugar importante para Guatemala por ser la única salida al océano Atlántico y ser una vía de comunicación necesaria para las exportaciones e importaciones del país, además de la cantidad de turistas provenientes de diversos países que visitan este lugar, es necesario generar mecanismos que garanticen que la calidad del agua que se distribuye a la población es la adecuada. Esto se logra por medio de la infraestructura sanitaria adecuada y se confirma a través del análisis fisicoquímico y microbiológico de los puntos principales de distribución del agua municipal, es decir, las fuentes, el tanque de captación y las conexiones

domiciliares que se encuentran en cada uno de los barrios a donde llega este servicio.

La finalidad del presente trabajo de investigación fue la determinación de los parámetros fisicoquímicos (pH, dureza, color, nitratos, nitritos, cloruros y hierro) y microbiológicos (*E.coli*, bacterias aerobias y coliformes totales) para determinar si se encuentran dentro de las especificaciones de la Norma COGUANOR NGO 29 001:29 para agua potable, basados en el Standard Methods for the Examination of Water and Waste-Water.

Los resultados aquí obtenidos son importantes para crear conciencia a las autoridades de la Municipalidad de Puerto Barrios y a la población en general de que deben trabajar juntos para lograr un agua de calidad, con lo cual mejorarán la salud de los pobladores y, por ende, la economía de las personas que podrán trabajar más y gastar menos dinero en atención médica, logrando así una vida mejor.



Fig. 1 Vista de la Bahía de Amatique

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 GENERALIDADES:

El agua es esencial para la vida. Es el componente más abundante e importante de nuestro planeta, un recurso valioso e indispensable para la vida. Sin embargo, no es posible utilizar toda esta cantidad de agua para consumo humano, ya que, del total, sólo el 3% es agua dulce, del cual 2.997% resulta de muy difícil acceso para el consumo ya que se sitúa en los casquetes polares y glaciares, por lo que únicamente el 0.003% del volumen total de agua es accesible para el consumo humano.<sup>(4)</sup>

Se le denomina agua potable al agua de superficie y subterránea que ha sido tratada y al agua proveniente de manantiales naturales, pozos y otras fuentes que no ha sido tratada pero que no tiene contaminación alguna. En promedio, una persona necesita unos 20 litros de agua potable todos los días para satisfacer sus necesidades metabólicas, higiénicas y domésticas.<sup>(5)</sup>

A principios de diciembre del 2003, el Comité de las Naciones Unidas sobre Derechos Económicos, Culturales y Sociales declaró formalmente y por primera vez que el acceso al agua potable segura era uno de los derechos humanos, indicando: "El agua es fundamental para la vida y la salud. El derecho humano de agua es indispensable para llevar una vida saludable en dignidad humana. Es un pre-requisito para la realización de todos los demás derechos humanos".<sup>(6)</sup>

El acceso al agua potable en una población se mide por el número de personas que pueden obtener agua potable con razonable facilidad, expresado como porcentaje de la población total.<sup>(5)</sup> En julio del 2003, datos de la OMS (Organización Mundial de la Salud) indicaban que, aproximadamente, 1,500 millones de personas alrededor del mundo no

tenían acceso a un aceptable servicio de suministro de agua potable y 1,700 millones no contaban con instalaciones adecuadas para recibir dicha provisión, muriendo al año unos 5 millones de personas a causa de enfermedades transmitidas por ingerir agua contaminada.<sup>(7)</sup> Para el año 2003 la población mundial, según el US Census Bureau, era de 6,303,112,453 personas.<sup>(8)</sup>

De igual manera, la ONU (Organización de Naciones Unidas) en un comunicado del 11 de mayo del 2004 afirmaba que 1,500 millones de personas en el mundo no podían gozar de agua potable y 6,000 morían cada día por enfermedades debidas a la falta de agua potable y de servicios sanitarios. Según esta misma fuente, para el año 2025 la demanda de agua potable será 56% más que la capacidad que se tendrá para suministrarla.<sup>(9)</sup>

El acceso al agua potable es un indicador de la salud de la población de un país y de la capacidad del país de conseguir agua en cantidad suficiente, purificarla y distribuirla.<sup>(5)</sup>

### 3.2 CONTAMINANTES DEL AGUA:

En la naturaleza no se puede encontrar el agua químicamente pura. Su composición y calidad es muy variada, ya que, a medida que el agua fluye en los arroyos, se estanca en los lagos y se filtra a través de capas de suelo y roca en la tierra, disuelve o absorbe las sustancias con las cuales hace contacto. Algunas de estas sustancias son inocuas. Otras, provienen de focos de contaminación en sus cauces, de la utilización indiscriminada de sustancias químicas como plaguicidas y fertilizantes de alta solubilidad y de las sustancias de desecho provenientes de las industrias.<sup>(10)</sup>

Se ha demostrado que la introducción de contaminantes en las fuentes acuíferas está relacionada con la lluvia, la naturaleza geológica

de la cuenca colectora o del manto acuífero, de las actividades de la naturaleza y, principalmente, de las actividades de la población humana.<sup>(5)</sup>

Para obtener agua de calidad para el consumo humano se debe comenzar protegiendo las fuentes de la contaminación por desechos de origen humano y/o animal, ya que éstos pueden contener una multiplicidad de bacterias, virus y protozoarios patógenos, así como de helmintos parásitos.<sup>(11)</sup>

Y es a través de las excretas de seres humanos y animales, en particular de las heces, que se transmiten las enfermedades infecciosas. Los patógenos humanos que representan un riesgo grave de enfermedad siempre que se encuentran en el agua de bebida son *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Escherichia coli* patógeno, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolítica*, *Campylobacter jejuni* y *Campylobacter coli*.<sup>(11,12)</sup> Los efectos de algunos de estos patógenos en la salud humana se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Contaminantes microbiológicos que pueden estar presentes en el agua potable.<sup>(13)</sup>

CONTAMINANTE	POSIBLES EFECTOS POR EXPOSICION	FUENTES COMUNES DE CONTAMINACION
<i>Giardia lamblia</i>	Trastornos gastrointestinales (diarrea, vómitos, retortijones).	Desechos fecales humanos y de animales.
Conteo de placas de bacterias heterotróficas(HPC)	El HPC no tiene efecto sobre la salud; es sólo un método analítico usado para medir la variedad de bacterias comúnmente encontradas en el agua. Cuanto menor sea la concentración de bacterias en el agua potable, mejor mantenido estará el sistema.	Con el HPC se determinan las diversas bacterias que hay en forma natural en el medio ambiente.
<i>Legionella</i>	Enfermedad de los legionarios, un tipo de	Presente naturalmente en el agua; se multiplica en los

	neumonía.	sistemas de calefacción.
Coliformes totales (incluye coliformes fecales y <i>E. Coli</i> )	Por sí mismos, los coliformes no constituyen una amenaza para la salud; su determinación se usa para indicar si pudiera haber presentes otras bacterias posiblemente nocivas.	Los coliformes se presentan naturalmente en el medio ambiente; los coliformes fecales y la <i>E. Coli</i> provienen de heces fecales de humanos y de animales.
Virus (entéricos)	Trastornos gastrointestinales (diarrea, vómitos, retortijones).	Heces fecales de humanos y de animales.

Fuente: [www.epa.gov/safewater.html](http://www.epa.gov/safewater.html)

Si no se consigue proteger el agua de este tipo de contaminación y tratarla eficazmente, se corre el riesgo de que la población sufra brotes de afecciones intestinales y otras enfermedades infecciosas del aparato digestivo, como fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería -bacilar y amebiana- y cólera.

También hay otro tipo de contaminación de la cual se debe proteger la fuente de agua y es la producida por desechos químicos tóxicos provenientes de industrias, fertilizantes y/o desinfectantes químicos mal utilizados para tratar el agua, ya que éstos pueden formar productos químicos secundarios, algunos de los cuales pueden ser potencialmente peligrosos para la salud de las personas.<sup>(12)</sup>

Aunque químicamente son pocas las sustancias presentes en el agua que pueden causar problemas de salud agudos, salvo por la contaminación accidental masiva del abastecimiento, los problemas relacionados con las sustancias químicas presentes en el agua se deben, sobre todo, a que éstas pueden afectar negativamente la salud tras periodos de exposición prolongados. Las sustancias más peligrosas son los contaminantes con propiedades tóxicas acumulativas, como los metales pesados y las sustancias cancerígenas, que pueden provocar cáncer, problemas del hígado o riñones y/o dificultades en la reproducción.<sup>(12)</sup> La

Tabla 2 muestra los contaminantes orgánicos, inorgánicos y sustancias radionucleidas que pueden estar presentes en el agua y los efectos que éstos provocan cuando se encuentran en concentraciones mayores de las permitidas.<sup>(13)</sup>

Tabla 2. Contaminantes inorgánicos, orgánicos y radiológicos que pueden estar presentes en el agua potable.<sup>(13)</sup>

<i>CONTAMINANTE</i>	<i>MNMC (mg/l)</i>	<i>NMC o TT(mg/l)</i>	<i>POSIBLES EFECTOS POR EXPOSICION QUE SUPERE EL NMC</i>	<i>FUENTES COMUNES DE CONTAMINACION</i>
<b>QUÍMICOS INORGÁNICOS</b>				
Antimonio	0.006	0.006	Aumento de colesterol en sangre; descenso de azúcar en sangre.	Efluentes de refinerías de petróleo, cerámicas, productos electrónicos, soldaduras.
Arsénico	Ninguno	0.05	Lesiones en la piel; trastornos circulatorios; alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales; aguas con residuos de fabricación de vidrio y productos electrónicos.
Asbestos (fibras>10 micrómetros)	7 millones de fibras por litro (MFL)	7 MFL	Alto riesgo de desarrollar pólipos intestinales benignos.	Deterioro de cemento amiantado (fibrocemento) en cañerías principales de agua; erosión de depósitos naturales.
Bario	2	2	Aumento de presión arterial.	Aguas con residuos de perforaciones; efluentes de refinerías de metales; erosión de depósitos naturales.
Berilio	0.004	0.004	Lesiones intestinales.	Efluentes de refinerías de metales y fábricas que emplean carbón; efluentes de industrias eléctricas.
Cadmio	0.005	0.005	Lesiones renales.	Corrosión de tubos galvanizados; erosión de depósitos naturales; efluentes de refinerías de metales; líquidos de baterías usadas y de pinturas.
Cromo (total)	0.1	0.1	Dermatitis alérgica.	Efluentes de fábricas de acero y papel; erosión de depósitos naturales.
Cobre	1.3	Nivel de acción=1.3; TT	Exposición a corto plazo: molestias gastrointestinales. Exposición a largo plazo: lesiones hepáticas o	Corrosión de cañerías en el hogar; erosión de depósitos naturales; percolado de

			renales.	conservantes de madera.
Cianuro (como cianuro libre)	0.2	0.2	Lesiones en sistema nervioso o problemas de tiroides	Efluentes de fábricas de acero, metales, plásticos y fertilizantes
Flúor	4.0	4.0	Enfermedades óseas (dolor y fragilidad ósea) Los niños podrían sufrir de dientes manchados	Aditivo del agua para tener dientes fuertes; erosión de depósitos naturales; efluentes de fábricas de fertilizantes y de aluminio.
Plomo	Cero	Nivel de acción=0.015 ; TT	Bebés y niños: retardo en desarrollo físico o mental; los niños podrían sufrir leve déficit de atención y de capacidad de aprendizaje. Adultos: trastornos renales; hipertensión	Corrosión de cañerías en el hogar; erosión de depósitos naturales.
Mercurio (Inorgánico)	0.002	0.002	Lesiones renales	Erosión de depósitos naturales; efluentes de refineries y fábricas; lixiviados de vertederos y tierras de cultivo.
Nitrato(medido como nitrógeno)	10	10	Los bebés de menos de seis meses que tomen agua con mayor concentración de nitratos que el NMC, podrían enfermarse gravemente; si no se tratan podrían morir. Hay dificultad respiratoria y síndrome del bebé azul.	Aguas contaminadas por el uso de fertilizantes; percolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado; erosión de depósitos naturales.
Nitrito(medido como nitrógeno)	1	1	Igual que con los nitratos.	Igual que con los nitratos.
Selenio	0.05	0.05	Caída del cabello o de las uñas; adormecimiento de dedos de manos y pies; problemas circulatorios.	Efluentes de refineries de petróleo; erosión de depósitos naturales; efluentes de minas.
Talio	0.0005	0.002	Caída del cabello; alteración de la sangre; trastornos renales, intestinales o hepáticos.	Percolado de plantas procesadoras de minerales; efluentes de fábricas de vidrio.
<b>QUÍMICOS ORGANICOS</b>				
Acilamida	Cero	TT	Trastornos sanguíneos o del sistema nervioso; alto riesgo de cáncer.	Se agrega al agua durante el tratamiento de efluentes y de agua de alcantarillado.
Alaclor	Cero	0.002	Trastornos oculares, hepáticos, renales o esplénicos; anemia; cáncer	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas para cultivos.
Atrazina	0.003	0.003	Trastornos cardiovasculares o del sistema reproductor.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas

				para cultivos.
Benceno	Cero	0.005	Anemia; trombocitopenia; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas; percolado de tanques de almacenamiento de combustible y de vertederos para residuos.
Benzo(a) pireno	Cero	0.0002	Dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer.	Percolado de revestimiento de tanques de almacenamiento de agua y líneas de distribución.
Carbofurano	0.04	0.04	Trastornos sanguíneos, del sistema nervioso o del sistema reproductor.	Percolado de productos fumigados en cultivos de arroz y alfalfa.
Tetracloruro de carbono	Cero	0.005	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas químicas y de otras actividades industriales.
Clordano	Cero	0.002	Trastornos hepáticos o del sistema nervioso; alto riesgo de cáncer.	Residuos de termiticidas prohibidos.
Clorobenceno	0.1	0.1	Trastornos hepáticos o renales.	Efluentes de plantas químicas y de plantas de fabricación de agroquímicos.
2,4-D	0.07	0.07	Trastornos renales, hepáticos o de la glándula adrenal.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Dalapon	0.2	0.2	Pequeños cambios renales.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP)	Cero	0.0002	Dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer.	Aguas contaminadas de productos fumigados en huertos y en campos de cultivo de soja, algodón y piña.
o-Diclorobenceno	0.6	0.6	Trastornos hepáticos, renales o circulatorios.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
p-Diclorobenceno	0.075	0.075	Anemia; lesiones hepáticas, renales o esplénicas; alteración de la sangre.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
1,2-Dicloroetano	Cero	0.005	Alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
1-1-Dicloroetileno	0.007	0.007	Trastornos hepáticos.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
cis-1, 2-Dicloroetileno	0.07	0.07	Trastornos hepáticos.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
trans-1,2-Dicloroetileno	0.1	0.1	Trastornos hepáticos.	Productos químicos de uso industrial.

Diclorometano	Cero	0.005	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas químicas y farmacéuticas.
1-2-Dicloropropano	Cero	0.005	Alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
Adipato de di-(2-etilhexilo)	0.4	0.4	Efectos tóxicos generales o dificultades para la reproducción	Efluentes de plantas químicas.
Ftalato de di-(2-etilhexilo)	Cero	0.006	Dificultades para la reproducción; trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer	Efluentes de plantas químicas y de fabricación de goma.
Dinoseb	0.007	0.007	Dificultades para la reproducción	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas utilizados en soja y vegetales.
Dioxina (2,3,7,8-TCDD)	Cero	0.00000003	Dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer	
Diquat	0.02	0.02	Cataratas	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Endotal	0.1	0.1	Trastornos estomacales e intestinales.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Endrina	0.002	0.002	Trastornos hepáticos.	Residuo de insecticidas prohibidos.
Epiclorohidrina	Cero	TT	Alto riesgo de cáncer y a largo plazo, trastornos estomacales.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
Etilbenceno	0.7	0.7	Trastornos hepáticos o renales.	Efluentes de refinerías de petróleo.
Dibromuro de etileno	Cero	0.00005	Trastornos hepáticos, estomacales, renales o del sistema reproductor; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de refinerías de petróleo.
Glifosato	0.7	0.7	Trastornos renales; dificultad para la reproducción.	Contaminación por herbicidas.
Heptacloro	Cero	0.0004	Lesiones hepáticas; alto riesgo de cáncer	Residuos de termiticidas prohibidos.
Heptaclorepóxido	Cero	0.0002	Lesiones hepáticas; alto riesgo de cáncer	Descomposición de heptacloro.
Hexaclorobenceno	Cero	0.001	Trastornos hepáticos o renales; dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de refinerías de metales y plantas de agroquímicos.
Hexacloro-ciclopentadieno	0.05	0.05	Trastornos renales o estomacales.	Efluentes de plantas químicas.

Lindano	0.0002	0.0002	Trastornos hepáticos o renales.	Aguas contaminadas de insecticidas usados en ganado, madera, jardines.
Metoxicloro	0.04	0.04	Dificultades para la reproducción.	Aguas contaminadas de insecticidas usados en frutas, vegetales, alfalfa, ganado.
Oxamil (Vidato)	0.2	0.2	Efectos leves sobre el sistema nervioso.	Aguas contaminadas de insecticidas usados en manzanas, papas y tomates.
Bifenilos policlorados (PCB)	cero	0.0005	Cambios en la piel; problemas del timo; inmunodeficiencia; dificultad para la reproducción o problemas en el sistema nervioso; alto riesgo de cáncer.	Agua con residuos químicos.
Pentaclorofenol	cero	0.001	Trastornos hepáticos o renales; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas de conservantes para madera.
Picloram	0.5	0.5	Trastornos hepáticos.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Simazina	0.004	0.004	Problemas sanguíneos.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Estireno	0.1	0.1	Trastornos hepáticos, renales o circulatorios.	Efluentes de fábricas de goma y plástico.
Tetracloroetileno	cero	0.005	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas y empresas de limpieza en seco.
Tolueno	1	1	Trastornos renales, hepáticos o del SNC.	Efluentes de refinerías de petróleo.
Trihalometanos totales (TTHM)	ninguno	0.10	Trastornos renales, hepáticos o del SNC; riesgo de cáncer.	Subproducto de la desinfección de agua potable.
Toxafeno	cero	0.003	Problemas renales, hepáticos o de tiroides; alto riesgo de cáncer.	Aguas contaminadas de insecticidas usados en algodón y ganado.
2,4,5-TP (Silvex)	0.05	0.05	Trastornos hepáticos.	Residuos de herbicidas.
1,2,4-Triclorobenceno	0.07	0.07	Cambios en glándulas adrenales.	Efluentes de fábricas de textiles.
1,1,1- Tricloroetano	0.20	0.2	Problemas circulatorios, hepáticos o del SNC.	Efluentes de plantas para desgrasar metales.
1,1,2- Tricloroetano	3	5	Problemas hepáticos, renales o del sistema inmunológico.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
Tricloroetileno	Cero	5	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas para desgrasar metales y de otros tipos de plantas.

Cloruro de vinilo	cero	2	Alto riesgo de cáncer.	Percolado de tuberías de PVC; efluentes de fábricas de plásticos.
Xilenos (total)	10	10	Lesiones del sistema nervioso.	Efluentes de refinerías de petróleo y de plantas químicas.
<b>RADIONUCLEIDOS</b>				
Emisores de partículas beta y de fotones.	Ninguno	4 milirems por año (mrem/año)	Alto riesgo de cáncer.	Desintegración radiactiva de depósitos naturales y artificiales de ciertos minerales que son radiactivos y pueden emitir radiación conocida como fotones y radiación beta.
Actividad bruta de partículas alfa	Ninguno	15 picocurios por litro (pCi/l)	Alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales de ciertos minerales que son radiactivos y pueden emitir radiación conocida como radiación alfa.
Radio 226 y Radio 228 (combinados)	Ninguno	5 Pci/l	Alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales.

**MNMC:** (Meta del Nivel Máximo del Contaminante) Es el nivel de un contaminante en el agua potable por debajo del cual no se conocen o no se esperan riesgos para la salud. Los MNMC permiten contar con un margen de seguridad y no son objetivos de salud pública obligatorios.

**NMC:** (Nivel Máximo del Contaminante) Es el máximo nivel permitido de un contaminante en agua potable. Los NMC se establecen tan próximos a los MNMC como sea posible, usando para ello la mejor tecnología de tratamiento disponible y teniendo en cuenta también los costos. Los NMC son normas obligatorias.

**II:** (Técnica de Tratamiento) Proceso obligatorio, cuya finalidad es reducir el nivel de un contaminante dado en el agua potable.

Las unidades se expresan en miligramos por litro (mg/l) a menos que se indique otra cosa.

Fuente: [www.epa.gov/safewater.html](http://www.epa.gov/safewater.html)

La población más expuesta a las enfermedades transmitidas por el agua, ya sea por contaminantes microbiológicos o químicos, son los lactantes y los niños pequeños, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas, los enfermos, especialmente los inmunocomprometidos y los ancianos. Las dosis que pueden provocar infecciones o daños en los organismos de estos sectores expuestos de población son significativamente menores que las correspondientes a la población adulta y sana en general.<sup>(12)</sup>

Para proteger la salud de la población en general se han establecido límites dentro de los cuales deben encontrarse todas las sustancias que puedan estar presentes en el agua de consumo humano. Internacionalmente, la EPA (Environmental Protection Agency) de los Estados Unidos ha establecido estándares de seguridad para más de 80 contaminantes que pueden encontrarse en el agua y presentan un riesgo a la salud humana<sup>(13)</sup>. Del mismo modo, la Comisión Guatemalteca de Normas –COGUANOR- ha emitido la norma COGUANOR NGO 29 001:99 obligatoria para agua potable, en la cual se fijan los valores permisibles para cada uno de los componentes que pudieran estar presentes en el agua potable en Guatemala.<sup>(14)</sup>

### 3.3 EL PROBLEMA DEL DETERIORO DEL RECURSO HÍDRICO EN GUATEMALA:

Varios son los estudios que se han llevado a cabo sobre la calidad y saneamiento del agua potable en Guatemala, ya que el problema hídrico ha sido una gran preocupación para muchos sectores del país. Los más de 300,000 casos de enfermedades diarreicas en todo el territorio nacional que se produjeron de enero a septiembre del 2004 y fueron reportados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en octubre de ese mismo año, son un claro reflejo de la mala calidad del agua que está llegando a la población guatemalteca y la importancia de llevar rigurosos controles al respecto. En 1995, según la Organización Panamericana de la Salud –OPS-, Guatemala era el país centroamericano con la tasa más alta de episodios de diarrea por 1000 niños menores de 5 años y el país centroamericano con el peor índice de acceso a instalaciones adecuadas para disponer de excretas.<sup>(15)</sup> En Puerto Barrios, el Hospital Nacional Infantil reportó en el año 2003 16,304

casos de problemas de índole gastrointestinal en niños menores de 5 años.

Por esta razón, se crearon varias instituciones encargadas del estudio y análisis del problema hídrico en Guatemala. En 1999, el Centro de Estudios del Medio Ambiente (CEMAT), conjuntamente con la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) y otras instituciones llevó a cabo un diagnóstico sobre la calidad ambiental de las aguas superficiales y subterráneas de Guatemala, en el cual observó el creciente y acelerado deterioro del recurso hídrico debido al aumentado riesgo de contaminación. De acuerdo al estudio, este riesgo estaba estrechamente relacionado con la presión demográfica urbano-industrial, la falta de ordenamiento territorial y el uso intensivo de plaguicidas y fertilizantes químicos.<sup>(16)</sup> Ya anteriormente, en 1998, el Instituto de Fomento Municipal –INFOM- y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, aseguraban que la mayoría de las fuentes superficiales estaban contaminadas y, en menor grado, las fuentes subterráneas.<sup>(17)</sup>

Aparte de la creciente contaminación de las fuentes hídricas, el método de desinfección es otro problema a tratar. En la ciudad de Guatemala se cuenta con sistemas formales de tratamiento de agua, tales como las plantas potabilizadoras, pero en el área rural el tratamiento del agua para su consumo es a nivel doméstico, utilizándose básicamente dos métodos: desinfección con cloro y ebullición.<sup>(18)</sup> En 1999, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, en su informe estadístico anual, refirió haber analizado el cloro residual de todos los sistemas de abastecimiento municipal de agua potable en Guatemala. Del 100% de comunidades analizadas, solamente en un 16.31% de los abastecimientos municipales se encontró cloro residual.<sup>(19)</sup>

En el estudio “Propuesta de selección de dosificadores de cloro para sistemas de abastecimiento de agua potable en áreas rurales”

realizado por Elizabeth Posada y Joram Gil<sup>(20)</sup>, indican que son varias las causas por las cuales no se utiliza cloro en todos los abastecimientos municipales. Entre ellas se encuentran la intermitencia en el suministro de agua por daños en el sistema, problemas de instalación de los hipocloradores, dificultad para acceder a las tabletas de hipoclorito de calcio, descenso del caudal en las fuentes, dificultad en la operación y mantenimiento de los hipocloradores y poca aceptación de sabor-olor del agua clorada.

Del mismo modo, es importante resaltar que, en los 331 municipios del país, sólo existen 24 plantas de tratamiento de agua potable, de las cuales sólo quince se encuentran en funcionamiento, <sup>(21)</sup>

Sin embargo, hay otros aspectos importantes que necesitan mayor estudio y son la demanda de los servicios de agua y saneamiento, el número de personas que hacen uso de los recursos hídricos subterráneos y superficiales, el volumen de agua disponible en los mantos freáticos, los niveles de contaminación de las aguas superficiales en las cuencas, así como de las fuentes subterráneas, los puntos principales de contaminación y la protección de las zonas acuíferas.

#### 3.4 CALIDAD DEL AGUA EN PUERTO BARRIOS:

En Puerto Barrios funciona la empresa municipal de agua EMAGUA, la cual cuenta con 8 pozos, los cuales fueron construidos en el año 2000. De estos 8 pozos solamente dos están funcionando actualmente en la distribución de agua, ya que por falta de mantenimiento dejaron de funcionar los otros seis.<sup>(2)</sup>

A los dos pozos en funcionamiento se les da mantenimiento 1 vez por semana y se utiliza hipoclorito y “pastillas de cloro” para la desinfección del agua. Uno de los pozos cubre los barrios: El Rastro, El

Bordo y Loma Linda; y el otro pozo cubre el barrio Las Nubes, de la 15 a la 19 calle y de la 14 a la 18 avenida.

Lamentablemente, no se tiene un plan regular de análisis de agua por parte de la Dirección del Área de Salud quienes realizan análisis al agua únicamente cuando hay algún brote de enfermedades diarreicas para verificar la desinfección de la misma,<sup>(2)</sup> pese a que en el año 2003 se reportaron 16,304 casos de diarrea en el Hospital Nacional Infantil de Puerto Barrios.

En cuanto a estudios realizados en el área de Izabal acerca de la calidad de su agua, no se cuenta con mucha información. Dentro de los estudios que se han realizado recientemente se puede mencionar el de Leiva, R. en el año 2003, en el cual se determinó la calidad del agua potable en Livingston. En este estudio se observó la presencia de nitratos, nitritos y de contaminación microbiana en las muestras analizadas.<sup>(3)</sup>

Otro estudio fue el realizado por Paiz Varela, R. en 1999, en el cual analizó las actividades educativas que se realizaban en los establecimientos del ciclo diversificado para la conservación y protección de los nacimientos de agua que surten a la población urbana y rural del municipio de Morales.<sup>(22)</sup> En este estudio se concluyó que se tenía muy poca educación y conocimiento sobre este tema y que no habían actividades educativas que ayudaran a los jóvenes a involucrarse y tomar conciencia sobre esta problemática.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Guatemala es un país con serios problemas en la calidad y la distribución de agua potable en todos sus departamentos debido a varios factores. Uno de ellos es que existe una falta de coordinación entre las instituciones encargadas del problema hídrico en Guatemala y las autoridades municipales, Además, no existe ninguna planificación ni programas que ayuden a solucionar los problemas que se tienen con la misma.

La falta de tratamiento de los desechos sólidos, los desechos líquidos y los desechos químicos e industriales, es la principal causa de la contaminación de las fuentes de agua, debido a que los mismos van a parar a las cuencas de los ríos y lagos. En Guatemala, hay industrias que utilizan sustancias químicas tóxicas para la vida y el ambiente y lo peor es que utilizan los canales y/o ríos para desecharlas sin tratamiento alguno. Además, no se cuenta con los cuerpos reglamentarios adecuados para regularizar el tratamiento del agua de consumo humano y el tratamiento de los desechos, ya que, si bien es cierto que se tiene una Ley para la Regulación de Aguas Potables y Aguas Servidas, ésta no ha sido aprobada y por lo tanto no se ha implementado. Además, las instituciones encargadas de aplicar las leyes no cuentan con los suficientes recursos humanos, financieros y técnicos. Todo esto repercute en la salud de las personas, ya que el agua que deben beber está contaminada y a quienes más afecta es a los niños y los ancianos.

Debido a la falta de estudios sobre la situación del agua en Puerto Barrios y contando con las Normas COGUANOR NGO-29 001:99 para agua potable, es importante llevar a cabo este estudio para que, por medio de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se le hagan al agua en los principales puntos de distribución, es decir, las fuentes, el tanque de captación y las conexiones domiciliarias en cada uno de los

barrios a donde llega el agua entubada municipal, se puedan obtener resultados que generen información valiosa sobre la calidad del agua en Puerto Barrios para que se puedan tomar decisiones futuras que permitan mejorar la calidad del agua. Todo esto se traducirá en beneficios sociales y económicos para la población en general.

## 5. OBJETIVOS

## 5.1 OBJETIVO GENERAL.

Determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de distribución municipal en Puerto Barrios, cabecera departamental de Izabal, tomando como base los estándares que define la Norma COGUANOR NGO 29 001:99 para agua potable.

## 5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- 5.2.1 Realizar los análisis fisicoquímicos de pH, dureza, color, nitratos, nitritos, cloruros y hierro en las muestras de agua de Puerto Barrios, utilizando los métodos descritos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
- 5.2.2 Realizar análisis microbiológicos para presencia de *E.coli* y bacterias aerobias y coliformes a las muestras de agua de Puerto Barrios, utilizando los métodos descritos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
- 5.2.3 Determinar si el agua municipal llega con la misma calidad desde su fuente hasta los distintos barrios en los que se distribuye.

## 6. HIPOTESIS

El agua municipal que se distribuye en los barrios del casco metropolitano de Puerto Barrios, cabecera departamental de Izabal, se encuentra fuera de las especificaciones de la Norma COGUANOR NGO 29 001:99 para agua potable.

## 7. MATERIALES Y METODOS

## 7.1 UNIVERSO DE TRABAJO:

7.1.1 Muestras de los pozos de abastecimiento en Puerto Barrios.

7.1.2 Muestras representativas de las conexiones domiciliarias o grifos en los distintos barrios de Puerto Barrios a donde llega el agua municipal.

## 7.2 RECURSOS HUMANOS:

7.2.1 Autor: Br. Evelyn Verónica de la Peña Orellana

7.2.2 Asesor: Lic. Rodolfo Girón

7.2.3 Co-Asesora: Licda. MSc. Silvia Echeverría

## 7.3 RECURSOS MATERIALES:

7.3.1 Equipo y Material de laboratorio:

7.3.1.1 Potenciómetro

7.3.1.2 Pipetas de 1, 5 y 10 mL

7.3.1.3 Cubetas para espectrofotómetro

7.3.1.4 Espectrofotómetro UV-VIS

7.3.1.5 Kits de análisis Merck Spectroquant para Hierro

7.3.1.6 Kits de análisis Merck Spectroquant para Nitratos y Nitritos

7.3.1.7 Kits de análisis Merck Spectroquant para Cloruros

7.3.1.8 Kits de análisis Merck Aquaquant para Dureza Total

7.3.1.9 Cajas de Petri

- 7.3.1.10 Erlenmeyer de 250 mL
- 7.3.1.11 Agitador de vidrio
- 7.3.1.12 Termómetro
- 7.3.1.13 Refrigerador
- 7.3.1.14 Envases de polietileno de 250 mL

#### 7.4 MUESTREO:

Las muestras se tomaron en base a los lineamientos descritos en el Standard Methods for Examination of Water and Waste-water. Las muestras, para su posterior análisis fisicoquímico, se tomaron en recipientes de polietileno e identificaron con la fecha, hora y lugar de referencia. Para el análisis microbiológico las muestras se tomaron en bolsas Whirlpak estériles, habiendo lavado y desinfectado previamente la salida de agua.

Todas las muestras se guardaron en hielera para su traslado al laboratorio. Estas llegaron al laboratorio ECOQUIMSA en menos de 24 horas, después de recolectarlas, para su análisis.

#### 7.5 METODOS:

##### 7.5.1 ANALISIS QUÍMICOS:

##### 7.5.1.1 NITRATOS:

METODO: Merck, Spectroquant

En este método, los iones nitrato forman un nitrocompuesto rojo con un derivado del ácido benzoico en ácido sulfúrico concentrado, cuya concentración se determina fotométricamente.

##### 7.5.1.2 CLORUROS:

METODO: Merck, Spectroquant

Los iones cloruro reaccionan con tiocianato de mercurio(II) dando cloruro de mercurio(II) poco disociado. El tiocianato aquí liberado, con iones hierro(III) forma tiocianato de hierro(III) que se determina fotométricamente.

#### 7.5.1.3 DUREZA TOTAL:

METODO: Merck, Aquamerck

Este método se basa en la valoración de los iones calcio presentes en el agua utilizando, como valorante, la sal disódica del ácido etilendinitrilotetraacético. El punto final de la valoración está indicado por un cambio de color de rojo a verde, pasando por verde grisáceo.

#### 7.5.1.4 HIERRO:

METODO: Merck, Spectroquant

Este método se basa en la formación de un complejo soluble con el ácido (3-(2-piridil)-5,6-bis(4-fenilsulfónico)-1,2,4-triacina, sal disódica), para luego medir su absorbancia.

### 7.5.2 ANALISIS FISICOS:

#### 7.5.2.1 COLOR:

Se determinará por medio de los patrones de comparación de platino-cobalto, expresándose en unidades de color (UC). El color del agua es ocasionado generalmente por extracción de materia colorante de humus de los bosques o de la materia vegetal de los pantanos y áreas de poca profundidad.

#### 7.5.2.2 POTENCIAL DE HIDRÓGENO:

Se determinará por medio del potenciómetro, con el cual se mide la concentración de los iones hidrógeno en la muestra de agua.

### 7.5.3 ANALISIS MICROBIOLÓGICOS:

#### 7.5.3.1 GRUPO COLIFORME TOTAL:

Son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas. El método que se emplea es el de membrana de filtración, el cual define como grupo coliforme total a todos los microorganismos que desarrollen una colonia rojiza con brillo metálico dorado en un medio tipo endo después de una incubación de 24 hrs a 35°C.

#### 7.5.3.2 GRUPO COLIFORME FECAL:

Son las bacterias que forman parte del grupo coliforme total, que fermentan la lactosa con producción de gas. Se utiliza el método de filtración en membrana, en el que se usa un medio de lactosa enriquecido y una temperatura de incubación de  $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  en un período de 24 hrs  $\pm$  2 hrs. Al grupo coliforme fecal también se le designa como termotolerante o termorresistente.

#### 7.5.3.3 ESCHERICHIA COLI:

Son las bacterias coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a 44°C o 44.5°C con producción de gas y que también producen indol a partir de triptofano. La Escherichia coli es el indicador más preciso de contaminación fecal.

### 7.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

Se trabajaron dos muestreos exploratorios, tomando ocho muestras en total en los siguientes puntos: Una muestra por cada uno de los barrios a los que llega el agua municipal (El Rastro, El Bordo, Loma Linda, Las Nubes, de la 15 a la 19 calle y de la 14 a la 18 avenida) y una muestra de cada uno de los dos pozos que suministra el agua municipal.

El período de la toma de muestras se llevó a cabo durante la época lluviosa (de mayo a noviembre) y durante la época seca (de diciembre a abril).

Estas muestras se llevaron al Laboratorio ECOQUIMSA, lugar donde se procedió a su análisis en base al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Los datos se tabularon y se presentaron los resultados.

## 8. RESULTADOS

## 8.1 ANALISIS EN EPOCA LLUVIOSA

Datos de laboratorio									
		MUESTRAS	Pozo Armagedon	Pozo 10 Av. Y 10 Calle	Chorro en El Rastro	Chorro en El Bordo	Chorro en Loma Linda		
Análisis	Dimensional	Límite de detección	Resultados					LMA*	LMP*
-pH	---	0.05	7.15	7.25	7.3	7.2	7.25	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
Conductividad	$\mu\text{S/cm @ } 25^\circ\text{C}$	0.1	274.6	274.1	326.4	321.5	325.8	---	< 1500
Salinidad	%	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	---	---
Dureza	mg/l - CaCO <sub>3</sub>	1	62	59	218	216	221	100	500
Calcio	mg/l - Ca	10	20	18	60	58	64	75	150
Magnesio	mg/l - Mg	5	< 5	< 5	16.6	17.3	14.9	50	100
Nitratos	mg/l - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.9	3.1	3.2	3.8	3.6	3.4	---	10.0**
Nitritos	mg/l - NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.010	0.385	0.695	0.345	0.320	0.295	---	0.01
Hierro	mg/l - Fe	0.03	1.59	1.05	1.08	1.03	1.06	0.10	1.00
Cloruros	mg/l - Cl	2.5	8.5	8.9	3.2	3.4	3.1	100	250
Cloro residual	mg/l - Cl <sub>2</sub>	0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.5	1.0
Color	m <sup>-1</sup>	0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	5.0	35.0
Conteo de Bacterias aerobias	UFC/ml	---	810	795	600	520	700	Menor de 500	
Coliformes totales	UFC/100 ml	---	12	8	2	< 2	< 2	Menor de 2	
<u>Escherichia coli</u>	UFC/100 ml	---	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	Menor de 2	

\*LMA: límite máximo aceptable; LMP: límite máximo permisible (Coguanor NGO 29 001:99)

\*\*Las normas internacionales(OMS, EPA, etc.) permiten hasta 45 mg/l de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Nota: Los presentes resultados son validos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.

Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998.

## Datos de laboratorio

		MUESTRAS	Chorro en Las Nubes	Chorro entre la 15 Calle y la 19 Calle	Chorro entre la 14 Avenida y la 18 Avenida		
Análisis	Dimen-sional	Límite de detección	Resultados			LMA*	LMP*
-pH	---	0.05	7.15	7.3	7.2	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
Conductividad	$\mu\text{S}/\text{cm} @ 25^\circ\text{C}$	0.1	278	286	302.5	---	< 1500
Salinidad	%	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	---	---
Dureza	mg/l - $\text{CaCO}_3$	1	78	63	91	100	500
Calcio	mg/l - Ca	10	20	19	32	75	150
Magnesio	mg/l - Mg	5	< 5	< 5	< 5	50	100
Nitratos	mg/l - $\text{NO}_3^-$	0.9	3.5	3.3	3.9	---	10.0**
Nitritos	mg/l - $\text{NO}_2^-$	0.010	0.396	0.598	0.354	---	0.01
Hierro	mg/l - Fe	0.03	1.54	1.35	1.68	0.10	1.00
Cloruros	mg/l - Cl	2.5	8.5	8.9	8.2	100	250
Cloro residual	mg/l - $\text{Cl}_2$	0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.5	1.0
Color	$\text{m}^{-1}$	0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	5.0	35.0
Conteo de Bacterias aerobias	UFC/ml	---	920	895	758	Menor de 500	
Coliformes totales	UFC/100 ml	---	12	8	10	Menor de 2	
<u>Escherichia coli</u>	UFC/100 ml	---	< 2	< 2	< 2	Menor de 2	

\*LMA: límite máximo aceptable; LMP: límite máximo permisible (Coguanor NGO 29 001:99)

\*\*Las normas internacionales(OMS, EPA, etc.) permiten hasta 45 mg/l de  $\text{NO}_3^-$

Nota: Los presentes resultados son validos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.

Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998.

## 8.2 ANALISIS EN EPOCA SECA

Datos de laboratorio									
		Muestras	Pozo Armagedon	Pozo 10 Av. Y 10 Calle	Chorro de El Rastro	Chorro de El Bordo	Chorro de Loma Linda		
Análisis	Dimensional	Límite de detección	Resultados					LMA*	LMP*
-pH	---	0.05	7.12	7.56	7.49	7.18	7.25	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
Conductividad	$\mu\text{S/cm @ } 25^\circ\text{C}$	0.1	257.9	257.3	314.7	310.0	310.5	---	< 1500
Salinidad	%	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	---	---
Dureza	mg/l - CaCO <sub>3</sub>	1	30	30	203	205	208	100	500
Calcio	mg/l - Ca	10	15	14	57	57	60	75	150
Magnesio	mg/l - Mg	5	< 5	< 5	14.7	15.1	14.1	50	100
Nitratos	mg/l - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.9	2.7	2.7	3.5	3.2	3.9	---	10.0**
Nitritos	mg/l - NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.010	0.390	0.880	0.360	0.290	0.26	---	0.01
Hierro	mg/l - Fe	0.03	1.63	1.89	1.05	1.12	0.93	0.10	1.00
Cloruros	mg/l - Cl	2.5	9.4	8.8	3.4	3.1	2.9	100	250
Cloro residual	mg/l - Cl <sub>2</sub>	0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.5	1.0
Color	m <sup>-1</sup>	0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	5.0	35.0
Conteo de Bacterias aerobias	UFC/ml	---	715	790	3	2	15	Menor de 500	
Coliformes totales	UFC/100 ml	---	10	6	2	< 2	< 2	Menor de 2	
<u>Escherichia coli</u>	UFC/100 ml	---	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	Menor de 2	

\*LMA: límite máximo aceptable; LMP: límite máximo permisible (Coguanor NGO 29 001:99)

\*\*Las normas internacionales(OMS, EPA, etc.) permiten hasta 45 mg/l de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Nota: Los presentes resultados son validos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.

Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998.

## Datos de laboratorio

		Muestras	Chorro en Las Nubes	Chorro entre la 15 Calle a la 19 Calle	Chorro entre la 14 Avenida a la 18 Avenida		
Análisis	Dimensional	Límite de detección	Resultados			LMA*	LMP*
-pH	---	0.05	7.13	7.46	7.38	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
Dureza	mg/l - CaCO <sub>3</sub>	1	30	30	30	100	500
Calcio	mg/l - Ca	10	15	14	13	75	150
Magnesio	mg/l - Mg	5	< 5	< 5	< 5	50	100
Nitratos	mg/l - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.9	2.7	2.7	2.8	---	10.0**
Nitritos	mg/l - NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.010	0.480	0.780	0.365	---	0.01
Hierro	mg/l - Fe	0.03	1.05	0.85	0.95	0.10	1.00
Cloruros	mg/l - Cl	2.5	9.1	9.7	8.4	100	250
Cloro residual	mg/l - Cl <sub>2</sub>	0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.5	1.0
Color	m <sup>-1</sup>	0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	5.0	35.0
Conteo de Bacterias aerobias	UFC/ml	---	735	780	745	Menor de 500	
Coliformes totales	UFC/100 ml	---	10	6	6	Menor de 2	
<u>Escherichia coli</u>	UFC/100 ml	---	< 2	< 2	< 2	Menor de 2	

\*LMA: límite máximo aceptable; LMP: límite máximo permisible (Coguanor NGO 29 001:99)

\*\*Las normas internacionales(OMS, EPA, etc.) permiten hasta 45 mg/l de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Nota: Los presentes resultados son validos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.

Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998.

## 9. DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos mostraron presencia de hierro por encima de los límites permisibles según la Norma COGUANOR NGO 29 001:99 en todas las muestras analizadas, encontrándose mayores concentraciones en las muestras de los dos pozos principales que abastecen de agua a Puerto Barrios. También se encontró presencia de nitratos y nitritos en todos los puntos muestreados, aunque los niveles se encontraron ligeramente por debajo del límite máximo permisible que establece la Norma COGUANOR NGO 29 001:99.

El hierro es un metal que se encuentra naturalmente en la tierra. En las fuentes de agua se encuentra comúnmente en su estado de oxidación reducida, soluble. Durante la distribución del agua, y especialmente si se utiliza tubería de hierro, el estado de oxidación del hierro cambia a su estado oxidado por lo que se deposita como óxido en las tuberías y aumenta la corrosión. Esto se observó en las muestras analizadas de Puerto Barrios ya que los valores de hierro "soluble" en las muestras tomadas de los pozos fueron mayores que en las muestras tomadas de los chorros. Según EMAGUA, muchas tuberías en Puerto Barrios son de hierro que no se han podido cambiar por tubería PVC.

Con altas concentraciones de hierro en el agua de bebida es improbable que surjan problemas serios de salud, incluso para las máximas concentraciones<sup>(30)</sup>. Sin embargo, en personas genéticamente susceptibles a la hemocromatosis puede acumularse excesivo hierro en el cuerpo, dando por resultado disfunciones de hígado, páncreas y corazón y fallos después de altas exposiciones a largo plazo. Cerca de una persona de cada 2000 está sujeta a este riesgo potencial<sup>(30)</sup>.

La presencia de nitratos y nitritos en las muestras analizadas pudo deberse al uso de fertilizantes que contienen nitrógeno<sup>(8,10)</sup>, sin embargo,

el nitrógeno está presente en el agua en forma natural y hay que tomar en cuenta que el contenido de nitratos y nitritos en las aguas de pozo suele ser más alto que en las aguas superficiales<sup>(5)</sup>, aunque en nuestro país, debido a la contaminación ambiental, en muchos ríos se encuentran valores altos de estos contaminantes.

El alto contenido de nitritos y nitratos en una muestra es indicador de presencia bacteriana, ya que en el ciclo del nitrógeno las bacterias juegan un papel importante como agentes reductoras y oxidantes del nitrógeno.

Es importante monitorear con cierta frecuencia si la concentración de nitratos y nitritos en el agua se encuentra por encima de los límites permisibles, ya que los niños menores de 1 año de edad que consumen agua con altas concentraciones de nitritos o nitratos pueden presentar el síndrome del bebé azul o metahemoglobinemia, cuyos síntomas pueden incluir letargia, jardeos y un color de piel azulado. A elevadas concentraciones puede darse la anoxia (falta de oxígeno) y la muerte.

Otro problema importante con las altas concentraciones de nitritos o nitratos es que existe un peligro potencial de que éstos puedan formar nitrosamidas y nitrosaminas carcinogénicas a nivel gástrico, según la National Academy of Sciences Safe Drinking Water Committee.<sup>(30)</sup> De acuerdo con la International Agency for Research on Cancer estos compuestos se forman cuando los nitritos o nitratos se administran con aminas inestables, como los aminoácidos en las proteínas. Sin embargo, estudios epidemiológicos primarios de cáncer gástrico no han tenido todavía resultados fehacientes.

En relación al cloro residual, se obtuvieron datos muy por debajo de los límites aceptables. Esto demuestra una deficiente cloración del agua. Y, como era de esperarse por la baja concentración de cloro residual en las muestras, se detectó la presencia de coliformes en todas

las muestras analizadas, tanto en época lluviosa como en época seca. Sin embargo, es importante mencionar el hecho de no haber encontrado presencia de *Escherichia coli* en las muestras analizadas. Esto indica que las fuentes de agua (pozos de agua municipal) están bien protegidas de contaminación fecal.

Los demás parámetros (pH, dureza, calcio y magnesio) se encontraron dentro de los límites que establece la Norma COGUANOR NGO 29 001:29 en ambos muestreos, tanto en época lluviosa como en época seca.

Por último, cabe mencionar que los resultados obtenidos en las muestras tomadas en época seca fueron ligeramente más altos que los obtenidos en las muestras tomadas en época lluviosa, pues con la lluvia los mantos acuíferos aumentan y el contenido mineral se diluye.

## 10. CONCLUSIONES

- 10.1 El agua municipal que se distribuye en los barrios del casco metropolitano de Puerto Barrios, cabecera departamental de Izabal, no cumple con todas las especificaciones de la Norma COGUANOR NGO 20 001:99 para agua potable, por lo tanto, no es apta para el consumo humano.
- 10.2 Se encontró presencia de hierro por encima de los límites permisibles para agua potable en todas las muestras analizadas.
- 10.3 Se encontró presencia de bacterias aerobias y coliformes por encima del límite permisible según la Norma COGUANOR NGO 29 001:99.
- 10.4 Los parámetros de pH, dureza, calcio, magnesio, nitratos, nitritos, cloruros, cloro residual, color y presencia de E. Coli se encontraron dentro de las especificaciones de la Norma COGUANOR NGO 29 001:99 para agua potable en todas las muestras analizadas.

## 11. RECOMENDACIONES

- 11.1 Es necesario que la municipalidad de Puerto Barrios tome conciencia de la importancia que tiene el abastecer a una población con agua de calidad e implementar cualquier tratamiento que se necesite para lograr este fin.
- 11.2 Se debe contar con un sistema eficiente de cloración del agua para evitar la proliferación bacteriana en sus aguas.
- 11.3 Es importante que se exija a la Dirección de Área de Salud que se realicen análisis frecuentemente al agua municipal para observar si se encuentra dentro de los parámetros de la Norma COGUANOR NGO 29 001:99.
- 11.4 Es necesario que EMAGUA le dé mantenimiento y revise las tuberías por donde pasa el agua municipal para evitar que el agua se contamine en su recorrido a través de ellas, además de evitar pérdidas por posibles fugas que éstas tengan.
- 11.5 Se debe educar a la población en general, para que comprendan la importancia que tiene el cuidar sus fuentes de agua. Deben aprender a no desperdiciar este líquido vital y a no contaminarlo.
- 11.6 Deben hacerse análisis periódicos al agua municipal en los que se verifique que la cloración sea eficiente para evitar presencia de bacterias y coliformes y así determinar si disminuye la cantidad de enfermedades diarreicas que se registran en el Hospital Infantil de Puerto Barrios.

## 12. REFERENCIAS

- 12.1 Municipalidades del Departamento de Izabal. Fuente: "MuniGuía" / 2ª.Ed./ URBES-INFOM.  
[www.Departamentodelzabal.html](http://www.Departamentodelzabal.html)
- 12.2 García, Ronald. Empresa Municipal de Agua. Puerto Barrios, Izabal. Entrevista realizada en marzo de 1995.
- 12.3 Leiva Alvarez, Román. Determinación de la calidad de agua de distribución municipal para consumo humano en el municipio de Livingston, departamento de Izabal, Fac. de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. Agosto, 2003.
- 12.4 ECO-Portal.Net. El directorio ecológico y natural. Tema: Agua potable. <http://www.ecoportal.net/temas/agua.htm> 23 de julio del 2003
- 12.5 NALCO. Manual del Agua. Tomo 1 Editorial Salvat, 2001.
- 12.6 Declaran como derecho humano el acceso al agua potable.  
[www.jmarcano.com/notas/nota20.html](http://www.jmarcano.com/notas/nota20.html)
- 12.7 Evaluación Global 2000. Organización Mundial de la Salud (OMS) y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). Análisis del sector de agua potable y saneamiento en Guatemala. Marzo 1995
- 12.8 US Census Bureau, Population División, International Programms Center. [www.census.gov/ipc/www/world.html](http://www.census.gov/ipc/www/world.html)
- 12.9 Organización de Naciones Unidas. Comunicado del 11 de mayo del 2004. <http://www.ecoportal.net/temas/agua.htm>
- 12.10 U.S. Environmental Protection Agency. Mayo 2000. Tema: El agua potable y la salud: lo que usted debe saber.  
[www.epa.gov/safewater/agua/salud.html](http://www.epa.gov/safewater/agua/salud.html)
- 12.11 Pelczar, Michael J. Microbiología. 4ª. Ed. 1990.
- 12.12 Organización Mundial de la Salud. Journal of Water and Health de IWA-OMS. 2003. Tema: Calidad del Agua Potable.

- 12.13 Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable. Contaminantes del agua potable. [www.epa.gov/safewater.html](http://www.epa.gov/safewater.html) abril 2000.
- 12.14 Comisión Guatemalteca de Normas - COGUANOR. Norma de agua potable NGO 29 99:001. Abril 1999.
- 12.15 COPECAS-OPS. Análisis sectorial de agua potable y saneamiento. Marzo 1995.
- 12.16 CEMAT. Diagnóstico de la condición ambiental del agua. Guatemala, 1999.
- 12.17 Informe Global de Fondos Sociales. Instituto de Fomento Municipal (INFOM). Guatemala, 1998.
- 12.18 INFOM. Plan de Acción. Proyecto de Rehabilitación de Plantas de Tratamiento de Agua Potable en el Interior de Guatemala. Mayo, 1996.
- 12.19 INE/MSPSA/USAID/UNICEF. Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil 1998-1999.
- 12.20 Posada, Elizabeth y Gil, Joram. Propuesta de selección de dosificadores de cloro para sistemas de abastecimiento de agua potable en áreas rurales. Revista Científica ERIS. USAC, 2004.
- 12.21 COPECAS-OPS. Análisis sectorial de agua potable y saneamiento. Marzo 1995.
- 12.22 Paiz Varela, R. Análisis de las actividades educativas que se realizan en los establecimientos del ciclo diversificado para la conservación y protección de los nacimientos de agua que surten a la población urbana y rural del municipio de Morales. Facultad de Ingeniería. USAC, 1999.

- 12.23 Guerra Villeda, Julio David. Organización el departamento de ingeniería, estudio de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable para Puerto Barrios. Ingeniería Civil, USAC, 1987.
- 12.24 INFOM-UNEPAR. Modelo básico para proyectos de abastecimiento de agua potable, saneamiento básico, educación sanitaria y ambiental a nivel rural. Junio, 1998.
- 12.25 Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. 2ª. Ed. Ginebra, 1995.
- 12.26 American Public Health. Standard Methods for the Examination of Water and Waste-Water. 17<sup>th</sup> edition. USA, 1989.
- 12.27 López, Carmina y Pocasangre, Adán. Efecto del color y la turbiedad en la remoción de coliformes fecales utilizando desinfección solar. Revista Científica ERIS. USAC, 2004.
- 12.28 Organización Panamericana de la Salud. Metahemoglobinemia Infantil. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, México, D.F. 1986.
- 12.29 INE. Estimaciones y proyecciones de población 1950-2050. Guatemala, abril 1997.
- 12.30 Calidad y Tratamiento del Agua. Manual de suministros de agua comunitaria. 5ª. Ed. McGraw-Hill Profesional. American water Works Asociation. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. España, 2002.
- 12.31 Guías para la calidad del Agua Potable. Recomendaciones. 2ª. Ed. Vol. I OMS Ginebra, 1995.