



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN –DIGI–
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



“Análisis de la Calidad Físicoquímica y Microbiológica del agua del Rio Motagua en diez puntos de
muestreo ubicados en su cauce principal”

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PRESENTADO POR
JORGE ALEJANDRO TORRES FLORES

GUATEMALA, 6 DE NOVIEMBRE DE 2008

ÍNDICE

	Página
I. Resumen	3
II. Introducción	5
III. Antecedentes	7
IV. Justificación	13
V. Objetivos	14
VI. Hipótesis	15
VII. Resultados	16
VIII. Discusión	18
IX. Conclusiones	21
X. Recomendaciones	22
XI. Referencias bibliográficas	23
XII. Anexos	24
A. Mapa del cauce principal del Río Motagua.....	25
B. Coordenadas de los puntos de muestreo	26
C. Normas Consultadas.....	27

RESUMEN

Guatemala es un país con un alto número de personas de bajos recursos que tienen acceso limitado a la mayoría de los servicios básicos como lo son el agua potable, la luz y algunas veces a los alimentos.

Además, Guatemala geográficamente es un país con muchos caudales de ríos, los cuales son aprovechados por estas personas, ya que al no poder pagar un servicio de agua, acuden a las fuentes naturales de agua para obtener este vital líquido. Pero además de estar personas necesitando de este líquido para su consumo necesidades diarias, hay muchas empresas que contaminan estas fuentes naturales vertiendo los desechos de sus procesos en los afluentes de los ríos, sin tratamientos previos, los cuales pueden causar enfermedades a las personas que consumen estas aguas.

La Comisión Guatemalteca de Normas, COGUANOR, es el ente en Guatemala que regula los parámetros que debe de tener el agua para ser considerada potable, o apta para el consumo humano. Pero no obstante a esto, aunque se regulen estos parámetros, no hay quien monitoree los mismos y vele por que se ejecuten estos reglamentos. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, quien debería de supervisar esto, únicamente ha emitido reglamentos para las características que deben presentar las descargas de las industrias a los afluentes naturales, pero tampoco vela por la ejecución de los mismos.

A raíz de esto, las empresas no tratan adecuadamente sus desechos y simplemente son descartados, y al ser estos nocivos para la salud causan, primero la muerte de las especies marinas presentes en el ecosistema y por consiguiente, a las personas que consumen de esta agua.

El Río Motagua, es un Río que atraviesa la región Oriente del país, y la cual sirve de fuente de agua potable para muchos poblados de personas de escasos recursos, los cuales toman de este el agua que necesitan para sus necesidades básicas diarias, tales como la cocina, el aseo personal y el consumo. Pero debido a las descargas que se realizan en el efluente del Río, el 2 de julio del año 2008, en la Sección Departamental del Diario Prensa Libre, se publicó un artículo en el cual se presentaron los resultados de un análisis realizado a las aguas de este Río debido a la muerte de especies marinas, encontrándose en ese entonces alto niveles de metales pesados (Edwin Perdomo, Prensa Libre).

El presente es un estudio realizado a las agua del Río Motagua, en diez puntos de muestreo ubicados en su cauce principal, encontrándose de todos los parámetros analizados, únicamente altos niveles de sólidos totales, ya que estos superan, en casi todos los puntos, el límite máximo permisible propuesto por el COGUANOR, que es de 1000mg/L, además de detectarse la presencia de coliformes totales y coliformes totales en niveles muy altos, con aislamiento de *E. Coli*, lo cual puede causar enfermedades gastrointestinales a las personas que la consuman.

INTRODUCCIÓN

Se denomina agua potable (del latín *potus*, bebida, *potabilis*, bebible, *potare* = beber) al agua "bebible" en el sentido que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades. El término se aplica al agua que ha sido tratada para su consumo humano según unas normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

El término calidad del agua es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada.

De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.

Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son normadas por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.), la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.), y por los gobiernos nacionales, pudiendo variar ligeramente de uno a otro. Por lo tanto, los valores propuestos por la Organización Panamericana de la Salud son simplemente referenciales y se utilizan para establecer los límites que son utilizados en cada país.

En zonas con intensivo uso agrícola es cada vez más difícil encontrar pozos cuya agua se ajuste a las exigencias de las normas. Especialmente los valores de nitratos y nitritos, además de las concentraciones de los compuestos fitosanitarios, superan a menudo el umbral de lo permitido.

La razón suele ser el uso masivo de abonos minerales o la filtración de purines. El nitrógeno aplicado de esta manera, que no es asimilado por las plantas es transformado por los microorganismos del suelo en nitrato y luego arrastrado por la agua de lluvia al nivel freático.

También ponen en peligro el suministro de agua potable otros contaminantes medioambientales como el derrame de derivados del petróleo, lixiviados de minas, etc. Las causas de la no potabilidad del agua son:

- Bacterias, virus;
- Minerales (en formas de partículas o disueltos), productos tóxicos;
- Depósitos o partículas en suspensión.

Para llevar a cabo la determinación de la calidad del agua, la mayoría de países han conformado organismos que regulen las normas para esta. En la Unión Europea, la Comunidad Europea formuló la normativa 98/83/EU establece valores máximos y mínimos para el contenido en minerales, diferentes iones como cloruros, nitratos, nitritos, amonio, calcio, magnesio, fosfato, arsénico, etc., además de los gérmenes patógenos. El pH del agua potable debe estar entre 6,5 y 8,5. En los Estados Unidos la Environmental Protection Agency, EPA por sus siglas en inglés, es la encargada de establecer los parámetros para llevar a cabo la determinación de la calidad del agua, los cuales están enlistados en el libro titulado Quality Criteria for Water.

En Guatemala, el ente encargado de establecer los límites para evaluar la calidad físicoquímica y microbiológica del agua potable es la Comisión Guatemalteca de Normas, COGUANOR, que es parte del Ministerio de Economía; para lo cual se formuló la norma 29001. Conjuntamente, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales desarrollo, en el Acuerdo Gubernativo Número 236-2006, un reglamento para descargas y re-uso de aguas residuales, en el cual también propone algunos límites para las aguas que son arrojadas a los efluentes naturales.

ANTECEDENTES

Hasta hace unas decenas de años la calidad de un agua destinada a un abastecimiento se centraba principalmente en que el agua estuviera exenta de sabores, olores, no fuera muy dura y no contuviera bacterias patógenas, confiándose en gran medida en que el poder autodepurador de los embalses o ríos, y la protección de las zonas de captación eran suficientes para lograr una aceptable calidad que se completaría con un tratamiento simple de decantación, filtración y desinfección, así como hacer determinadas comprobaciones generalmente bacteriológicas del agua en la red, ausencias de sabores y olores y presencia de ligeras concentraciones del desinfectante empleado.

Hoy día y más aún de cara al futuro, y como consecuencia de la polución creciente y los mayores avances de la técnica y la ciencia hay que considerar además otros caracteres que inciden de forma perjudicial en la salud del consumidor (pesticidas, detergentes, subproductos de la desinfección y otras sustancias orgánicas e inorgánicas así como protozoos, virus, bacterias, etc.).

La consideración legal sobre la potabilidad de un agua se apoya o se basa en fijar una serie de compuestos o sustancias y asociarlas con unos contenidos aceptables.

Actualmente el concepto legal que regula la calidad de las aguas destinadas al consumo humano en Guatemala se basa en la norma dictada por la Organización Panamericana de la Salud, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, que genera la norma COGUANOR 29001 para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público. En general las normativas entienden como agua potable aquella que cumple una serie de caracteres organolépticos, físicoquímicos, relativos a sustancias no deseables, relativos a sustancias tóxicas, microbiológicas y de radiactividad. Estableciéndose unos valores

máximos admisibles para una serie de parámetros. Estos valores máximos corresponden a la mínima calidad admisible en el agua potable.

La calidad del agua, es un estado de esta, caracterizado por su composición físicoquímica y biológica. Este estado deberá permitir su empleo sin causar daño, para lo cual deberá reunir dos características:

1. Estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores.
2. Estar exenta de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbiedad, olor, sabor).

El criterio de potabilidad del agua depende fundamentalmente del uso al que se la destina (humano, industrial, agrícola, etc.)

Agua potable es el agua, ya sea de superficie o subterránea, tratada y el agua no tratada por no estar contaminada. La definición de agua potable se ha ido adaptando al avance del conocimiento científico y a las nuevas técnicas, en especial a las relacionadas con el análisis de contaminantes.

La mala calidad del agua afecta a infinidad de actividades vitales, es un bien tan preciado que en la exposición de la Carta Europea del Agua comienza con “Sin agua no hay comida, no hay bebida, ni luz, ni calor, ni lluvia. ¡Sin agua no hay vida posible...”

El agua del grifo no cae simplemente del cielo, hasta llegar a él, es necesario disponer de todo un sistema de abastecimiento en el que juegan un papel fundamental las instalaciones de tratamiento, es decir, recorren un camino lleno de controles, vigilancia, procesos y análisis.

El análisis del agua en su origen, nos proporciona los primeros datos respecto a su calidad, orientándonos en la selección de su captación y facilitando el tratamiento que hemos de aplicarle posteriormente.

Un agua potable destinada al consumo humano, debe cumplir ante todo con una calidad sanitaria apta, tanto inmediatamente después de su proceso de tratamiento, como presentar una estabilidad biológica en la red de distribución.

No existe tal cosa como agua pura natural. En la naturaleza, toda agua contiene algunas impurezas. 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. De hecho, algunas personas prefieren agua mineral precisamente porque los minerales le dan un sabor agradable. Sin embargo, los minerales a ciertos niveles, igual que los químicos elaborados por el hombre, se consideran contaminantes que pueden causar mal sabor en el agua y hasta peligrosos.

Algunos contaminantes provienen de la erosión de formaciones de rocas naturales. Otros contaminantes son sustancias descargadas de las fábricas, se aplican a terrenos agrícolas, o se usan por parte de los consumidores en sus casas y jardines. Es posible que las fuentes de contaminantes estén en su vecindario o es posible que se encuentren a muchas millas de distancia. Un informe de calidad de agua local debe explicar cuales contaminantes se encuentran en el agua potable, el nivel de los mismos y la fuente actual o posible de cada contaminante.

Algunos sistemas de agua subterránea (que obtienen el agua a través de pozos) han establecido programas de protección de áreas inmediatas de pozos de agua potable para evitar que las sustancias contaminen sus pozos. Asimismo, algunos sistemas de agua que utilizan fuentes superficiales tales como los ríos, protegen la cuenca de agua alrededor de su embalse para evitar la contaminación.

Es necesario que las municipalidades y proveedores de agua trabajen sistemáticamente para evaluar cada fuente de agua potable e identificar fuentes potenciales de contaminantes. Este proceso ayudará a las comunidades a proteger sus abastecimientos de agua potable contra la contaminación y a mantener la calidad del agua.

Es esencial para cada comunidad contar con un abastecimiento limpio y constante de agua potable. Las personas en las ciudades grandes toman agua frecuentemente que proviene de fuentes de agua superficiales, tales como lagos, ríos y embalses. Algunas de estas fuentes están cerca de la comunidad. En otros casos, los proveedores de agua potable obtienen su agua de fuentes ubicadas a varias millas de distancia. En cualquier caso, cuando se piense de donde proviene el agua potable, es importante considerar no solamente la porción o parte del río o lago que se puede observar, sino que en la cuenca completa. La cuenca es el área de tierra sobre la cual fluye el agua hacia el río, lago o embalse.

En las áreas rurales, es más probable que las personas tomen aguas subterráneas que se bombearon de un pozo. Estos pozos se conectan a acuíferos - los embalses naturales debajo de la superficie terrestre - que puede que sean solamente unas pocas millas de ancho, o puede que abarquen las fronteras de varios municipios. Igual que el agua superficial, es importante recordarse que las actividades que ocurren a varias millas de distancia de usted, pueden afectar la calidad del agua subterránea.

Cuando un proveedor de agua obtiene el agua no tratada de un río o embalse, regularmente el agua contiene suciedad y pequeños pedazos de hojas y otras materias orgánicas además de pequeñas cantidades de ciertos contaminantes. Cuando el agua llega a la planta de tratamiento, los proveedores de agua añaden a menudo químicos al agua, denominados coagulantes. Estos reaccionan con el agua a medida que fluye lentamente a través de tanques para que las partículas y otros contaminantes formen coágulos que se depositan en el fondo.

Entonces, esta agua usualmente fluye a través de un filtro que extrae los contaminantes más pequeños como virus y *Giardia*.

Casi toda el agua subterránea se filtra a medida que pasa a través de capas de tierra hacia dentro de embalses subterráneos conocidos como acuíferos. Generalmente, el agua que los proveedores bombean de los pozos contiene menos materiales orgánicos que las aguas superficiales y es posible que no necesite alguno o ningún tratamiento como el descrito en el párrafo anterior. La calidad del agua depende de las condiciones locales.

El tratamiento más común del agua potable, el cual se considera por muchas personas como el avance científico más importante del siglo XX, es la desinfección. La mayoría de los proveedores de agua añaden cloro u otros desinfectantes para eliminar bacterias y otros gérmenes.

De acuerdo a la calidad de la fuente de agua, los proveedores de agua usan otros tratamientos como se requieran. Por ejemplo, los sistemas cuyas aguas están contaminadas con químicos orgánicos pueden tratar su agua con carbón activado, el cual absorbe o atrae los químicos disueltos en el agua.

La EPA ha establecido estándares de seguridad para más de 80 contaminantes que pueden encontrarse en el agua potable y presentan un riesgo a la salud humana. Estos contaminantes se pueden dividir en dos grupos de acuerdo a los efectos a la salud que pudiesen causar.

Los efectos agudos ocurren dentro de unas horas o días posteriores al momento en que la persona consume un contaminante. Aunque casi todos los contaminantes pudiesen tener un efecto agudo si el mismo se consume en niveles extraordinariamente altos en el agua potable, los contaminantes más probables que causen efectos agudos son las bacterias y virus, si los mismos se encuentran en niveles suficientemente altos. La mayoría de los cuerpos de las personas pueden combatir estos contaminantes microbianos de la misma forma que combaten los gérmenes, y típicamente, estos contaminantes agudos no tienen efectos permanentes. No

obstante, les pueden causar enfermedades a las personas y pueden ser peligrosos o fatales para una persona que posea un sistema inmune débil debido a VIH/SIDA, quimioterapia, uso de esteroides o por cualquier otra razón.

Los efectos crónicos ocurren después que las personas consumen un contaminante a niveles sobre los estándares de seguridad de EPA durante muchos años. Los contaminantes en el agua potable que pudiesen causar efectos crónicos son los químicos (tales como solventes y plaguicidas), radionucléidos (tal como el radio) y minerales (tal como el arsénico). Entre los ejemplos de efectos crónicos de los contaminantes del agua potable, están el cáncer, problemas del hígado o riñones o dificultades en la reproducción.

JUSTIFICACIÓN

En Guatemala, en donde la mayor parte de sus habitantes son personas pobres, o de clase baja, el agua no es obtenida del abastecimiento público, el cual en su mayoría de veces obtiene el agua de fuentes superficiales o subterráneas y la entuba hasta su lugar de destino, el hogar; sino que es obtenida directamente de las fuentes superficiales por los pobladores de las comunidades que se han formado a las orillas de estos.

Debido a esto, las fuentes naturales de agua, clasificadas dentro de esta categoría, deben poseer casi las características de agua potable al estar estas exentas de contaminantes que pueden provenir de fuentes naturales. Por tal razón el agua de estas fuentes debe ser apta o casi apta para el consumo humano, siendo, en último caso, si fuere necesario, aplicar quizá tratamientos primarios, como desarenamiento, y tratamientos como el clorado. Pero debido a que no se controlan las descargas a este tipo de fuentes, las industrias descartan sus desechos en estos, causando contaminación y muerte de las especies marinas presentes en ellos, así como enfermedades a las personas que consumen esta agua.

El Rio Motagua no es la excepción para ambos, es utilizada como vertedero de desechos por las industrias, las municipalidades y algunas veces por los mismos pobladores, provocando que esta agua pierda su posible calidad de agua potable y deje de ser apta para el consumo humano. Recientemente se realizó un estudio al agua de este Rio debido a la muerte repentina de las especies marinas que hay en este, encontrándose niveles altos de contaminantes, por lo cual se procedió a plantear un análisis-monitoreo de las aguas nuevamente para evaluar sus características en base a los límites propuestos por la Comisión Guatemalteca de Normas y por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

OBJETIVOS

General

1. Caracterizar la calidad físicoquímica y microbiológica del agua del Rio Motagua.

Específicos

1. Describir la calidad físicoquímica del agua del Rio Motagua mediante la medición del nivel de fosforo, nitrógeno, sólidos totales, sólidos sedimentables, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, conductibilidad, potencial del ion hidrógeno (pH) y nivel de grasas y aceites.
2. Describir la calidad microbiológica del agua del Rio Motagua mediante la medición del nivel de Coliformes totales y Coliformes fecales.

HIPÓTESIS

El agua del cauce principal del Rio Motagua presenta las características de calidad descritas en la norma COGUANOR NGO29001 de la Comisión Guatemalteca de Normas, en el libro Criterio de Calidad del Agua de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) y por la Organización Panamericana de la Salud (PAHO, por sus siglas en inglés) para ser clasificada como agua potable, por lo tanto es apta para el consumo humano.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el análisis microbiológico de las muestras del cauce principal del Río Motagua.

Tabla 1

Resultados obtenidos en el análisis microbiológico de las muestras colectadas

Código ¹	Coliformes totales (en 100mL)	Coliformes fecales (en 100mL)	Observaciones
P0	7,9*10 ⁴	4,9*10 ⁴	Se aisló <i>Escherichia coli</i>
P1	2,4*10 ⁵	5,4*10 ⁴	Se aisló <i>Escherichia coli</i>
P2	1,6*10 ⁵	5,4*10 ⁴	Se aisló <i>Escherichia coli</i>
P3	2,4*10 ⁵	9,2*10 ⁴	Se aisló <i>Escherichia coli</i>
P4	2,4*10 ⁵	9,2*10 ⁴	Se aisló <i>Escherichia coli</i>
P5	2,4*10 ⁵	9,2*10 ⁴	Se aisló <i>Escherichia coli</i>
P6	4,9*10 ⁴	1,7*10 ⁴	Se aisló <i>Escherichia coli</i>
P7	2,3*10 ⁴	1,3*10 ⁴	Se aisló <i>Escherichia coli</i>
P8	1,3*10 ⁴	8,0*10 ³	Se aisló <i>Escherichia coli</i>
P9	1,3*10 ⁴	1,3*10 ⁴	Se aisló <i>Escherichia coli</i>

Fuente: Laboratorio Microbiológico de Referencia (LAMIR) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

¹ Las coordenadas correspondientes a cada uno de los códigos de los puntos de muestreo se pueden obtener en el Anexo B.

En la tabla a continuación se muestran las características físicoquímicas de las muestras de agua del cauce principal del Río Motagua.

Tabla 2
Resultados obtenidos en el análisis microbiológico de las muestras colectadas

Código ²	pH	Conductividad (μS/cm)	DQO	DBO	Sólidos sedimentables	Sólidos totales	Fósforo total	Nitrógeno total	Grasas y aceites
P0	7,19	121,16	320	87,00	1,50	268	< 0.5	0,90	0,14
P1	7,25	158,39	1020	54,00	4,50	2838	< 0.5	1,40	0,09
P2	7,43	163,05	1430	66,75	4,60	3649	< 0.5	0,70	0,08
P3	7,49	258,45	1055	60,00	1,50	1334	< 0.5	1,00	0,11
P4	7,64	197,95	1875	44,25	2,30	1771	< 0.5	1,80	0,09
P5	7,69	209,59	1990	51,00	3,00	1937	< 0.5	1,40	0,04
P6	7,90	222,38	1090	50,25	1,25	1025	< 0.5	0,90	0,05
P7	7,82	228,20	1755	74,25	2,50	1585	< 0.5	1,00	0,11
P8	7,59	273,58	1195	52,50	4,00	1890	< 0.5	0,80	0,08
P9	7,70	215,40	1275	42,75	1,25	1467	< 0.5	0,70	0,06

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental (UAI) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

² Las coordenadas correspondientes a cada uno de los códigos de los puntos de muestreo se pueden obtener en el Anexo B.

DISCUSIÓN

Se procedió a la toma de muestras de agua del cauce principal de Rio Motagua según el manual proporcionado por la Unidad de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, el cual propone utilizar recipientes limpios, los cuales son previamente lavados con la muestra y conservados en frío, a temperatura entre 0°C y 5°C.

En el análisis de las propiedades físicoquímicas de las muestras de agua, se analizaron el pH, la conductividad, la demanda química de oxígeno (DQO), la demanda bioquímica de oxígeno (DQO), los sólidos sedimentables, los sólidos totales, el fósforo total, el nitrógeno total y, las grasas y aceites.

De todos los parámetros analizados, todas las muestras cumplían con el pH, cuyo límite máximo permisible es de 6.5-8.5, aunque algunas superaban el límite máximo aceptable, el cual es de 7.0-7.5, pero el límite máximo permisible es el mismo que el propuesto por la Organización Mundial de la Salud, OMS. En la medición de la conductividad, todas las muestras cumplían con el límite máximo permisible, el cual es de $<1500\mu\text{S}/\text{cm}$, aunque según el límite de la OMS, que es de $250\mu\text{S}/\text{cm}$, las muestras P3 y P8 no cumplían con este, aunque se pasada el límite muy escasamente, por lo cual no se ve alterada esta característica. En la medición de nitrógeno total, los límites están dados para nitritos y nitratos, siendo para estos 1mg/L y 10mg/L respectivamente, pero el nivel de nitrógeno presente en estas especies es mayor que al detectado en las muestras, por lo cual este tampoco supero los límites. En el caso de fósforo total, la cantidad presente en las muestras era casi indetectable ya que era inferior al límite del método, por lo que se asume que tampoco se superan los límites para este contaminante, aunque no este normado por el COGUANOR, sino por la Environmental Protection Agency (EPA), la cual propone un límite máximo de 0.10 $\mu\text{g}/\text{L}$, pero por el límite de detección del método no se puede inferir si este no se cumple, pero los niveles aun así eran bajos. Para los sólidos

sedimentables no hay ningún límite propuesto en los reglamentos consultados, aunque estos influyen en los sólidos totales, cuyo nivel detectado fue extremadamente alto. Para los sólidos totales, los límites propuestos por el COGUANOR son de hasta 1000mg/L en su límite máximo permisible y hasta 500mg/L en su límite máximo aceptable y la EPA propone un límite máximo de 250mg/L, ambos límites superados excesivamente en las muestras, por lo cual se puede inferir que este sí podría ser un contaminante y que altera las propiedades del agua en la cual se detecta, pero, los efectos que causan los altos niveles de estos en los seres humanos, son, según la OMS, efectos fisiológicos laxantes, esto debido a los sulfatos de sodio y magnesio presentes, así como efectos adversos que causa el sodio en enfermos cardíacos y en mujeres embarazadas (hipertensión cardíaca), lo cual sí representa un problema para el consumo humano, y puede ser eliminado mediante la adición de agentes químicos floculantes al agua. En cuanto a los niveles de grasas y aceites, los niveles eran extremadamente bajos, y el límite de estos, según la OMS debe ser virtualmente cero, esto debido a que transfieren propiedades que alteran el sabor y el olor de la misma, debido a que son derivados del petróleo. En cuanto a la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno, en las normas consultadas para el agua potable, no hay límites que regulen estos parámetros, y únicamente se regula la demanda bioquímica del agua en el Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos realizado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, siendo este una medida indirecta del contenido de materia orgánica biodegradable en el agua, el cual dice que debe ser menor a 700mg/L, límite que ninguna muestra supero.

En el análisis de las propiedades microbiológicas, se detectaron niveles altos de coliformes fecales, coliformes totales y se aisló en todas las muestras *E. Coli*. Según la EPA, la OMS y la Unión Europea, el límite para los coliformes fecales es de cero, lo cual indica que las aguas están altamente contaminadas con restos de heces fecales, ya que se aisló *E. Coli* en todas las muestras. Esta contaminación con coliformes fecales, específicamente *E. Coli* se debe a que todas las municipalidades, empresas y pobladores de las riveras descartan sus aguas de consumo en el cauce del Rio Motagua. Lo coliformes, por sí mismos se encuentran en las aguas y no son nocivos para la salud, pero los coliformes fecales sí lo son. Las bacterias que pueden

ser transmitidas por el agua son la *Salmonella typhi*, la *Salmonella spp.*, la *Vibrio cholerae*, la *Escherichia coli* y la *Shigellae dysenteriae*, causantes de la fiebre tifoidea, salmonelosis, el cólera, enfermedades gastrointestinales y la disentería (diarrea sangrante) respectivamente; la última puede causar la muerte.

CONCLUSIONES

Después de realizar la inferencia de los resultados obtenidos en el estudio se puede concluir que:

1. El agua del Rio Motagua cumple con los límites de pH, de conductividad, la demanda bioquímica de oxígeno (DQO), el fósforo total, el nitrógeno total y, las grasas y aceites
2. Los sólidos sedimentables y la demanda química de oxígeno no son normados dentro de los parámetros de calidad del agua, por lo cual no poseen límites en su análisis.
3. El agua del Rio Motagua esta contaminada por materia orgánica ya que presenta un alto contenido de esta, lo cual se ve reflejado en la alta demanda bioquímica de oxígeno.
4. El agua del Rio Motagua esta contaminada por coliformes fecales, lo cual indica un alto nivel de contaminación por heces fecales humanas y animales, lo que precisa de un tratamiento de potabilización y desinfección del agua para que sea apta para el consumo humano.

RECOMENDACIONES

Finalizado el presente informe se recomienda que:

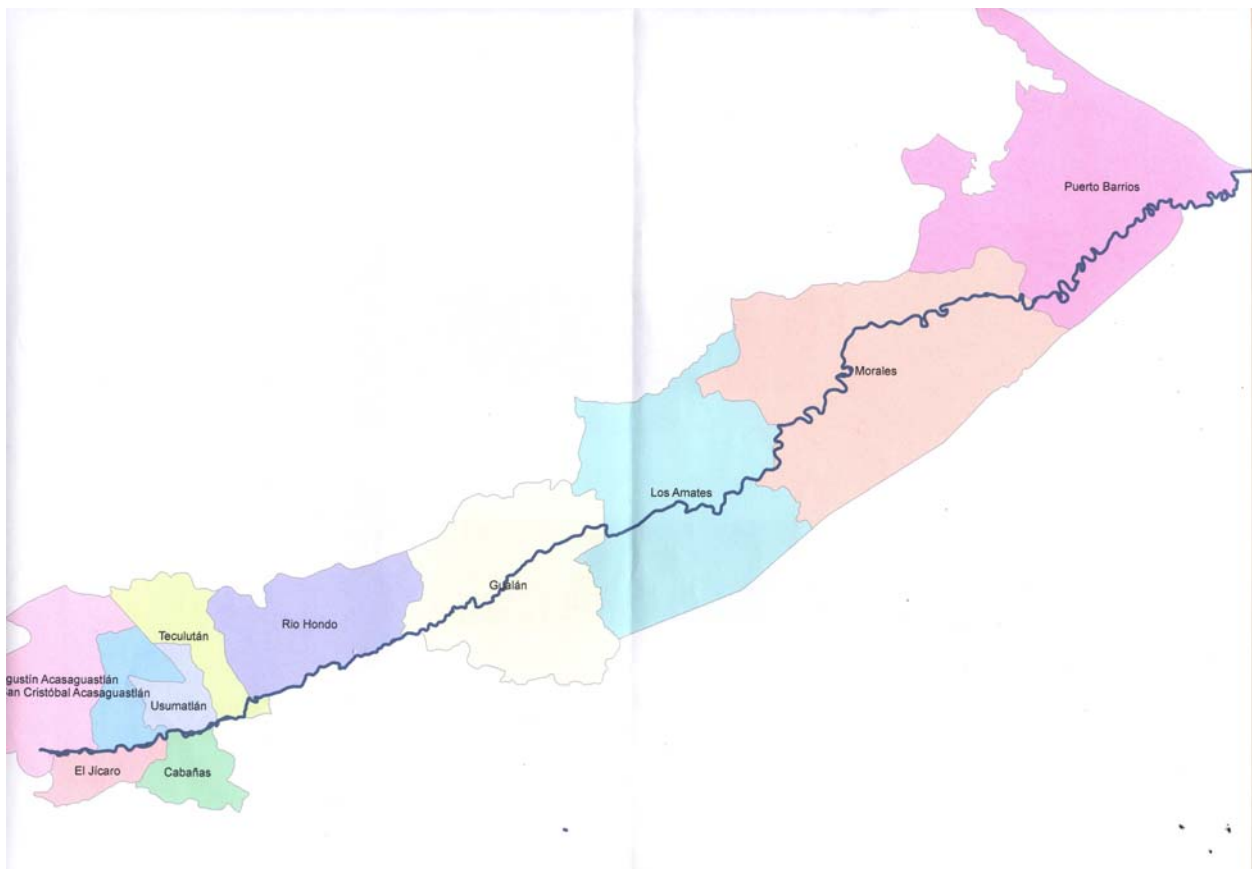
1. Se analice el contenido de metales pesados presente en las aguas del Rio Motagua para indicar si estos contaminantes están presentes.
2. Se realice un monitoreo constante por parte de las municipalidades de las aguas del Rio Motagua para determinar cuales son las fuentes de contaminación.
3. Se apliquen tratamientos de desinfección a las aguas del Rio Motagua para que sea apta para el consumo humano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Comisión guatemalteca de Normas, COGUANOR. Norma NGO29001. Guatemala.
2. Acuerdo Gubernativo número 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Guatemala.
3. Environmental Protection Agency, EPA. Quality Criteria for Water, 1986. EUA.
4. DIRECTIVA 98/83/CE DEL Consejo de la Comunidad Europea. 1998.
5. Guidelines for Drinking-water Quality, FIRST ADDENDUM TO THIRD EDITION. OMS. 2006.

ANEXOS

Anexo A: Mapa del cauce principal del Rio Motagua



Anexo B: Coordenadas de los puntos de muestreo

Código	Lugar	Coordenadas (UTM)	Presición (ft)	Fecha	Hora	
P0	San Juan Sacatepéquez	15P	760299	23	23/08/2008	18:30
			1645377			
P1	San Agustin Acasaguastlán	15P	820610	29	16/08/2008	13:10
			1651601			
P2	San Cristóbal Acasaguastlán	16P	191742	50	16/08/2008	13:50
			1651910			
P3	Usumatlán	16P	200610	32	16/08/2008	14:30
			1653744			
P4	Teculután	16P	208530	21	16/08/2008	15:00
			1656129			
P5	Rio Hondo	16P	221900	24	16/08/2008	16:25
			1663605			
P6	Gualán	16P	245932	16	17/08/2008	10:30
			1673787			
P7	El Rico	16P	272823	13	17/08/2008	11:30
			1686019			
P8	Morales	16P	303419	15	17/08/2008	12:40
			1707816			
P9	Entre Rios	16P	344282	21	17/08/2008	13:50
			1726842			

Anexo C: Norma consultadas