

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
MAESTRÍA EN DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y MANEJO
AMBIENTAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN



CONTAMINACIÓN EN EL RÍO CAHABÓN, ALTA VERAPAZ,
GUATEMALA

Estudio de las fuentes de contaminación.

ING. AGR. RODOLFO A. REYES VILLATORO

NOVIEMBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



CONTAMINACIÓN EN EL RÍO CAHABÓN, ALTA VERAPAZ,
GUATEMALA

Estudio de las fuentes de contaminación.

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA

POR

ING. AGR. RODOLFO A. REYES VILLATORO

ASESORADO POR ING. AGR. M.Sc. DAVID FUENTES GUILLERMO

COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAGISTER SCIENTIFICAE/MAESTRO EN CIENCIAS CON LA ESPECIALIZACIÓN
EN DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2009.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE ARQUITECTURA



JUNTA DIRECTIVA FACULTAD DE ARQUITECTURA

DECANO	Arq. Carlos Enrique valladares Cerezo
VOCAL I	Arq. Sergio Mohamed Estrada Ruíz
VOCAL II	Arq. Efraín de Jesús Amaya Caravantes
VOCAL III	Arq. Carlos Enrique Martini Herrera
VOCAL IV	Br. Carlos Alberto Mancilla Estrada
VOCAL V	Sec. Liliam Rosana Santizo Alva
VOCAL VI	Arq. Alejandro Muñoz Calderón

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Arq. Carlos Enrique valladares Cerezo
SECRETARIO	Arq. Alejandro Muñoz Calderón
EXAMINADOR	Ing. Agr. M. Sc. David Fuentes Guillermo
EXAMINADOR	Ing. Agr. M. Sc. Ángel Arce Canahuí
EXAMINADOR	Ing. Agr. M. Sc. Rolando Alvarado Fernández

DEDICATORIA

A:

MI ESPOSA:

ENMA PATRICIA

CON MUCHO AMOR Y GRATITUD
POR SU APOYO Y COMPRENSIÓN

MIS HIJOS:

JOSÉ RODOLFO Y ROSA MARÍA

CON MI CARIÑO Y AMOR DE SIEMPRE, Y SEA ÉSTE
UN EJEMPLO QUE LOS MOTIVE A ESFORZARSE
PARA ALCANZAR SUS PROPIAS METAS.

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS: CREADOR DEL UNIVERSO Y FUENTE DE TODA SABIDURÍA, POR ILUMINAR MI CAMINO Y POR GUARDAR MI SALIDA Y ENTRADA PARA SIEMPRE.

MIS ASESORES: ING. AGR. M. Sc. DAVID FUENTES GUILLERMO
ING. AGR. M. Sc. ÁNGEL ARCE CANAHUÍ
ING. AGR. M. Sc. ROLANDO ALVARADO F.
Por su apoyo incondicional y el aporte de su experiencia para la realización de esta investigación.

LIC. QUÍMICA BIÓLOGA ANA MARGARITA GARCÍA
Por su apoyo en el análisis microbiológico de las muestras de agua.

SEÑOR OSCAR CHOC Por su colaboración en la revisión bibliográfica.

MIS COMPAÑEROS: VERO, JULIO Y OSMÍN
Quienes siempre estuvieron conmigo en los momentos difíciles de la carrera y me animaron para seguir adelante.

A TODOS MIS AMIGOS(AS): Porque sé que se alegran de mis triunfos.

INDICE

CONTENIDO	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
1. PROBLEMA A INVESTIGAR	3
1.1 Justificación	4
2. HIPÓTESIS	6
3. REFERENTE TEÓRICO	7
3.1 La contaminación en cuerpos de agua dulce	7
3.2 Características del río Cahabón	10
3.3 Base legal	12
3.3.1 La Constitución Política de Guatemala	12
3.3.2 Ley del ambiente	15
3.3.3 Código de salud	17
3.3.4 Reglamento de descargas y reuso de aguas residuales	19
4. OBJETIVOS	21
4.1 General	21
4.2 Específicos	21
5. METODOLOGÍA	22
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
6.1 Análisis químico	26
6.2 Análisis microbiológico	40
6.3 Opinión de los pobladores	43
7. PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN	45
8. CONCLUSIONES	46
9. RECOMENDACIONES	48
10. BIBLIOGRAFÍA	49
11. ANEXOS	52

INDICE DE CUADROS

	CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 1	Puntos de muestreo del agua del río Cahabón, en Alta Verapaz (2009)	22
Cuadro 2	Parámetros químicos y microbiológicos determinados en cada una de las muestras de agua tomadas en el río Cahabón (2009)	24
Cuadro 3	Distribución de las boletas de encuesta por municipio (2009)	25
Cuadro 4	Resultados del análisis químico de las siete muestras tomadas en diferentes puntos del recorrido del río Cahabón, en miligramos por litro de agua (2009)	26
Cuadro 5	Límites Máximos Aceptables y Límites Máximos Permisibles de contaminantes químicos para el agua potable de acuerdo con las especificaciones de las Normas COGUANOR NGO 29 001-99	27
Cuadro 6	Comparación entre los resultados en los siete puntos de muestreo del río Cahabón y los Límites Máximos Permisibles establecidos por las Normas COGUANOR NGO 29 001-99 para agua potable y OMS para fuentes de agua	28
Cuadro 7	Resultados de los análisis microbiológicos practicados en los siete puntos muestreados del río Cahabón (2009)	40
Cuadro 8	Valores de referencia de la Organización Mundial para la Salud (OMS) para el recuento de bacterias coliformes por el método del Número Más Probable (NMP) (2009)	41

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de determinar qué elementos están contaminando el río Cahabón en la parte alta de la cuenca, para inferir cuáles son las posibles fuentes de contaminación y así generar información que pueda servir de base para plantear un proyecto de recuperación del río si esto fuera posible.

Para lograrlo, se establecieron siete puntos de muestreo ubicados estratégicamente para determinar el grado de contaminación del río desde el punto en que se acerca a la carretera CA 14, que de la ciudad de Guatemala conduce a Cobán, y luego, a la entrada y salida de cada uno de los municipios que atraviesa el río (Tactic, Santa Cruz, San Cristóbal y Cobán, A. V.)

De cada punto se tomaron dos muestras compuestas, una para hacer análisis químico y otra para hacer análisis microbiológico, estas muestras fueron trasladadas al laboratorio de microbiología y de suelos y aguas de la Carrera de Agronomía del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se analizaron y los resultados fueron comparados con los niveles permisibles por las Normas COGUANOR NGO 29 001-99 para agua potable y las Normas de la Organización Mundial para la Salud (OMS) para fuentes de agua.

El estudio de la calidad química y microbiológica del agua reveló que la mayoría de contaminantes químicos se encuentran por debajo de los límites permitidos, salvo el Nitrógeno Total, los Fosfatos, el Sodio y el Plomo, los cuales superan los límites permitidos tanto de la OMS, como las Normas COGUANOR. El Nitrógeno Total puede provenir de los desechos orgánicos que son vertidos en grandes cantidades al río, mientras que los Fosfatos y el Sodio pueden deber su presencia a detergentes y limpiadores domésticos; el Plomo podría provenir de las cañerías del agua entubada, de pinturas y acumuladores de vehículos.

Se recomienda hacer un análisis detallado del agua entubada para conocer sus concentraciones de plomo, ya que es un contaminante de alto riesgo para las personas, particularmente para los niños.

Este estudio demostró que la contaminación del río Cahabón es principalmente orgánica, ya que los niveles de Demanda Química y Demanda Bioquímica de Oxígeno, superan los límites máximos permitidos por las Normas de la OMS. Esto significa que la materia orgánica presente es tanta que los microorganismos capaces de oxidarla requieren grandes cantidades de Oxígeno. La inspección ocular en el recorrido del río permitió comprobar que tanto comunidades rurales, como urbanas, vierten directamente sus drenajes y desechos sólidos al río sin previo tratamiento.

El análisis microbiológico reveló que el río en todo su recorrido está contaminado con heces fecales, ya que se encontraron en todos los puntos muestreados altos niveles de la bacteria *Escherichia coli*, la cual es un indicador confiable de contaminación, así como altos niveles de coliformes totales y coliformes fecales. De acuerdo con la normativa de la OMS, el agua del río no debe ser usada para consumo humano y debe hacersele tratamientos especiales incluyendo el tratamiento de aguas negras y desechos sólidos a los poblados aledaños.

La encuesta aplicada a los habitantes reveló que aunque la población, no considera el agua del río apta para consumo humano, muchas personas no ven ningún problema en su uso para consumo de animales o para usos agrícolas, lo cuál demuestra un gran desconocimiento sobre inocuidad de alimentos.

La población en general siente la necesidad de rescatar el río y espera una acción conjunta del gobierno central y las municipalidades para el tratamiento de aguas negras y desechos sólidos, pero cualquier acción deberá ir acompañada de una extensa campaña de educación ambiental a todo nivel para evitar que el río siga siendo víctima de las actividades antropogénicas.

INTRODUCCIÓN

El río Cahabón nace en el municipio de Tactic y pasa por los municipios de San Cristóbal, Santa Cruz, Cobán, Carchá, Lanquín y Cahabón del departamento de Alta Verapaz, antes de desembocar en las aguas del río Polochic. Su importancia radica en que sus aguas riegan todos estos municipios, pero lamentablemente, no pueden ser aprovechadas con fines turísticos, para riego o consumo humano o de animales domésticos, debido a su alto grado de contaminación principalmente en la parte alta de la cuenca.

La contaminación del río es evidente, pues ha podido apreciarse en los últimos años la proliferación de plantas acuáticas que encuentran en su alto contenido de materia orgánica, un buen medio para desarrollarse. Esta abundancia de plantas acuáticas, retiene basura y todo tipo de desperdicios que van a dar al río, para incrementar la materia orgánica y otorgarle su característico mal olor.

Por otro lado, este río, históricamente se ha caracterizado por sus frecuentes desbordamientos durante la época de lluvias, habiendo sido particularmente nocivo durante el huracán Mictch de 1998 y más recientemente durante el temporal que azotó la ciudad el 12 y 13 de Agosto del 2007. Aun cuando las razones del desbordamiento son muchas, cuando menos en parte puede atribuirse a la acumulación de sedimentos en el cauce, obligando al excedente de agua a buscar salida y llenar las calles y casas de los vecindarios.

A pesar de que el río atraviesa la ciudad de Cobán, y su contaminación causa malestar a la población, no fue sino hasta el año 2008¹ en que se hizo un

¹ Programa Regional de Medio Ambiente para Centro América, MARN-PREMACA, Embajada Real de Dinamarca 2008. 112 p.

estudio de los indicadores ambientales para observar las causas de los problemas ambientales (presión sobre medio ambiente, la calidad del medio ambiente y los recursos naturales como resultado de las acciones humanas, el impacto y efecto de las actividades humanas sobre el medio ambiente , las medidas y respuestas que toma la sociedad sobre el medio ambiente y los indicadores de gestión que se relacionan con el manejo de los instrumentos legales y económicos generados por la sociedad).

Esta información es básica para pensar posteriormente en plantear un proyecto con la finalidad de descontaminarlo y hacerlo útil para fines recreativos, para consumo de animales, usos agrícolas y, de ser posible, para usos domésticos. Por esta razón se planteó la presente investigación con el propósito de reconocer cuáles son las principales fuentes de contaminación y cuáles son los principales contaminantes en la parte alta de la cuenca. También se contempló conocer la opinión de algunos sectores de la población, para determinar su percepción de la importancia de este río y conocer su opinión respecto de la posibilidad de rescatarlo.

1. PROBLEMA A INVESTIGAR

El río Cahabón había sido utilizado con fines de recreación hasta hace apenas unas pocas décadas, sin embargo, debido al crecimiento de la población y a que muchos drenajes van a dar directamente a sus aguas, además de los desechos sólidos que diariamente se vierten en él, sus aguas se han contaminado al punto que es imposible usarlo con ese fin en la actualidad.

A medida que el tiempo transcurre, la contaminación se hace más evidente con malos olores y el desarrollo de flora acuática indicadora de altas concentraciones de materia orgánica. Actualmente se prevé que de no tomarse las medidas necesarias para su rescate, pronto el río se convertirá en una verdadera molestia para la población.

Así las cosas, es evidente la necesidad de proponer un plan de rescate del río Cahabón, sin embargo esto no es posible antes de que se investiguen e identifiquen las principales fuentes de contaminación, determinando con precisión los contaminantes que aportan y en qué medida lo hacen.

1.1 JUSTIFICACIÓN

El río Cahabón recorre varios municipios del departamento de Alta Verapaz y en cada uno de ellos debería ser una importante fuente de agua para suplir muchas de las necesidades humanas, sin embargo, debido a sus altos niveles de contaminación, sus aguas se desperdician y se ha usado más bien como un vertedero de desechos.

Tanto las autoridades como los habitantes del departamento están conscientes de que las aguas del río se encuentran muy contaminadas, pero no se sabe cuáles son los principales contaminantes y en qué medida lo están afectando.

Mientras no se tenga esta información básica, no se puede esperar que las personas eviten seguir contaminando este preciado cuerpo de agua y como consecuencia se verá más deteriorado, con problemas de malos olores y será una importante fuente de enfermedades para animales y personas.

Un hecho alarmante es que en los últimos años, el río ha incrementado sus niveles de contaminación drásticamente, al punto que ya es posible ver en algunas áreas la proliferación de plantas indicadoras de altos contenidos de materia orgánica como lo es el Jacinto acuático (*Eichornia crassipes*), a pesar del fuerte caudal del río.

Por lo que se ha visto en otros pequeños cuerpos de agua en diferentes municipios del departamento, las altas concentraciones de materia orgánica que despiden olores nauseabundos por el efecto de los microorganismos reductores anaerobios, han sido la fuente de enfermedades para las personas. En dichos cuerpos de agua, los problemas pudieron haberse evitado, con solo haber tenido a la

disposición información verídica de las fuentes de contaminación y se hubieran realizado las medidas correctivas a tiempo.

Si el río Cahabón no tuviera un caudal lo suficientemente fuerte como para arrastrar toda la materia orgánica que diariamente se le vierte, especialmente durante la época de lluvias, sin duda ya habría sucumbido ante los efectos de la eutrofización, igual que muchos otros. Sin embargo, nada puede garantizar que pueda sobrevivir a las cada vez mayores descargas de contaminantes orgánicos.

Por lo tanto, es tiempo ya de hacer un reconocimiento de las principales fuentes de contaminación, identificándolas y determinando las cantidades de contaminantes que aportan, para luego proceder a elaborar proyectos de rescate del río.

De no hacerse de inmediato una identificación de las fuentes de contaminación y determinar su aporte, no sería posible en principio evitar que los contaminantes se sigan vertiendo al río, en poco tiempo éste estaría atestado de materia orgánica, proliferarían las plantas acuáticas, la ausencia de oxígeno acabaría con lo poco que queda de fauna acuática, el agua no podría fluir con la misma facilidad, y se estarían magnificando los ciclos de sequía y crecidas produciendo enormes problemas y costos a los municipios involucrados.

Por todo lo anterior, es justificada plenamente la presente investigación, de la cual se espera que aporte la información necesaria para poder proponer con fundamento el correspondiente plan de rescate.

2. HIPÓTESIS

Las aguas del río Cahabón sufren contaminación en cada uno de los municipios que recorre. Sin embargo, la contaminación es principalmente orgánica, por lo que se ha producido un marcado incremento de especies de flora acuática que favorecen la eutrofización en las márgenes del río.

3. REFERENTE TEÓRICO

3.1 LA CONTAMINACIÓN EN CUERPOS DE AGUA DULCE

El agua pura es un recurso renovable. Sin embargo, *“puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que deja de ser útil para las necesidades humanas y se vuelve más bien nociva”*.²

Se entiende como **contaminación**; *“la polución que produce o puede producir efectos nocivos para los seres vivos y/o afectar la higiene pública”*³ Por lo tanto, se va a considerar como un **contaminante** a *“toda materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, los derivados químicos o biológicos, así como toda forma de energía térmica, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido que al incorporarse o actuar con la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental, altere o modifique su composición o afecte a la salud humana”*⁴

Con las definiciones anteriores, se puede deducir que son varios los agentes que contaminan el agua, por ejemplo: Agentes patógenos como bacterias, virus, protozoarios y otros parásitos que entran al agua, provenientes de desechos orgánicos.

También se consideran contaminantes del agua, desechos orgánicos que requieren oxígeno para ser descompuestos por bacterias. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, eliminando así otras formas de vida acuáticas.⁵ De allí que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) sea un indicador de contaminación. La **Demanda Bioquímica de Oxígeno** se define como:

² Contaminación del agua. Código ISPN de la publicación: EpypkEulFZUYEZigzt publicado 06/08/03

³ Prando, Raúl R. 1996. Manual de gestión ambiental. Guatemala, Piedra Santa. 184 p.

⁴ *Ibíd*em

⁵ *Ibíd*em

*“la medida de las sustancias biodegradables presentes en una muestra de agua y se obtiene midiendo la cantidad de oxígeno consumido por la oxidación microbológica aerobia durante un período de tiempo (generalmente 5 días) a una temperatura dada (generalmente 20° C)”*⁶

Sustancias químicas inorgánicas como ácidos, compuestos de metales tóxicos como Mercurio y Plomo, son contaminantes muy nocivos en el agua. Pero, los nutrientes vegetales que pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que posteriormente se mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua también se deben considerar como contaminantes.⁷

Otras sustancias químicas orgánicas como el petróleo, plásticos, plaguicidas y detergentes, amenazan la vida acuática por su toxicidad. Entendiéndose como **toxicidad** *“la capacidad de un agente o conjunto de agentes para producir efectos adversos o la muerte sobre un sistema biológico”*⁸, por lo tanto, es **tóxico** *“cualquier agente capaz de producir efecto adverso o la muerte, en un sistema biológico”*⁹

De manera que aún los sedimentos o materia suspendida que son partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, son una fuente de contaminación importante, *“a menudo la mayor fuente”*.¹⁰

En zonas industriales, muchas sustancias radiactivas que pueden causar defectos congénitos y cáncer se liberan a las aguas sin ningún tratamiento, siendo un problema grave para las personas que de alguna manera entran en contacto con las aguas de los ríos contaminados con este tipo de desechos.

⁶ Prando, Raúl R. 1996. Manual de gestión ambiental. Guatemala, Piedra Santa. 184 p.

⁷ Contaminación del agua. Código ISPN de la publicación: EpypkEulFZUYEZigt publicado 06/08/03

⁸ Prando, Raúl R. 1996. Manual de gestión ambiental. Guatemala, Piedra Santa. 184 p.

⁹ *Ibíd*em

¹⁰ Contaminación del agua. Código ISPN de la publicación: EpypkEulFZUYEZigt publicado 06/08/03

El calor, que es un factor del ambiente, puede ser también considerado como un contaminante cuando altera drásticamente la temperatura del agua de los ríos. *“Ingresos de agua caliente pueden disminuir el contenido de oxígeno y hacer a los organismos acuáticos muy vulnerables”*.¹¹

Las fuentes puntuales son aquellas que descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías y alcantarillas, por ejemplo: Fábricas, plantas de tratamiento de aguas negras, minas, pozos petroleros, etc., mientras que las fuentes no puntuales son grandes áreas de terreno que descargan contaminantes al agua sobre una región extensa, por ejemplo: Vertimiento de sustancias químicas, tierras de cultivo, lotes para pastar ganado, construcciones y tanques sépticos.¹²

A nivel mundial, es la agricultura el sector que más contaminación produce, más aún que las industrias y las municipalidades. En prácticamente todos los países en los que se aplican fertilizantes agrícolas y plaguicidas, se han contaminado acuíferos subterráneos y el agua de superficie. Los desechos animales son otra fuente de contaminación persistente en algunas zonas. *“El agua que vuelve a los ríos y arroyos después de haberse utilizado para el riego está a menudo seriamente degradada por el exceso de nutrientes, salinidad, agentes patógenos y sedimentos que suelen dejarla inservible para cualquier otro uso posterior, a menos de que sea tratada (generalmente a gran costo) en instalaciones depuradoras de agua”*.¹³

En Estados Unidos, los productos químicos usados en la agricultura, los sedimentos de la erosión y los desechos animales han

¹¹Contaminación del agua. Código ISPN de la publicación: EpypkEulFZUYEZigt publicado 06/08/03

¹² Ibídem

¹³ Population Reports. El problema de la contaminación. www.onfoforhealth.org/pr/prs/sm14/sm14chap41.shtml 2006-01-31

ensuciado más de 278 000 kilómetros de vías fluviales. *“Se dice que la agricultura es responsable de 70% de la actual contaminación del agua en los Estados Unidos.”*¹⁴ Europa y Norteamérica confrontan enormes problemas de contaminación del agua.

Más del 90% de los ríos de Europa tienen altas concentraciones de Nitrato, sobre todo de productos químicos utilizados en la agricultura, y 5% de ellos tienen concentraciones por lo menos 200 veces mayores que los niveles naturales de nitrato comunes de los ríos no contaminados. En Polonia, tres cuartas partes del agua de los ríos del país están demasiado contaminadas aun para uso industrial.¹⁵

Pero la contaminación es también un problema inquietante en los países donde la población está creciendo rápidamente, las demandas del desarrollo son grandes y los gobiernos generalmente tienen otras prioridades para las inversiones. *“En los países en desarrollo, del 90 al 95%, más o menos, de las aguas negras domésticas y 75% de los desechos industriales se descargan en aguas de superficie sin ningún tipo de tratamiento”*¹⁶.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL RÍO CAHABÓN

El río Cahabón nace en la aldea Pantín de Tactic, Alta Verapaz, recorre parte de los municipios de Tactic y Santa Cruz Verapaz, antes de entrar al municipio de Cobán. Durante su recorrido recibe la afluencia de otros pequeños ríos y al llegar a la ciudad de Cobán ya presenta un caudal bastante considerable, luego de recorrer los municipios de San Pedro Carchá, Lanquín y Cahabón, desemboca en el río Polochic en el municipio del Estor, Izabal.

¹⁴ Population Reports. El problema de la contaminación. www.onfoforhealth.org/pr/prs/sm14/sm14chap41.shtml 2006-01-31

¹⁵ *Ibídem*

¹⁶ *Ibídem*

Paulsen y Koch (1980)¹⁷ en un estudio en que definieron unidades litológicas, indican que el río Cahabón drena principalmente rocas carbonatadas del cretácico fuertemente karstificadas. Ellos determinaron que debido al acelerado crecimiento urbano y al ambiente kárstico, el río Cahabón es muy vulnerable a la contaminación.

La realidad es que este río se encuentra en la actualidad muy contaminado. Unas cinco décadas atrás el río Cahabón mantenía una apariencia bastante limpia al atravesar la ciudad de Cobán y se usaba con fines recreativos. Sin embargo, en la actualidad, su condición ha empeorado y no se puede usar con este fin.

Durante su recorrido por los diferentes municipios recibe los desechos de varias poblaciones, así como desperdicios de plaguicidas agrícolas. El municipio de Tactic vierte directamente sus desechos sólidos sobre el río, de acuerdo con lo expresado por Bran Solares (2,003)¹⁸, el basurero del municipio de Cobán no se encuentra directamente sobre el río Cahabón, pero por su ubicación topográfica y la formación cárstica sobre la que se encuentra, propicia la infiltración de contaminantes que igual van a dar al río.

El desagüe de la laguna de Chichoj, en San Cristóbal Verapaz, desemboca en el río Cahabón llevando consigo todos los desechos de este municipio, (desechos sólidos y drenajes domésticos) más los desechos de las curtidurías que se vierten directamente al río y que despiden olores nauseabundos.

¹⁷ Paulsen, S. & Koch, W. 1980. *Die marine Keride in tielen der Alta Verapaz Ander Baja Verapaz, Guatemala*. (Alemania, Geologische Jahrbuch.) pp. 3-87.

¹⁸ Bran Solares, E. *Elaboración de la línea base para la calidad de agua de la parte occidental de la cuenca del río Cahabón*. (Tesis Ing. Geol. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2,003) p 29.

En la ciudad de Cobán, muchas viviendas alrededor del río, vierten sus drenajes y desechos sólidos directamente al río, incrementando considerablemente su contaminación.

Este río, aunque de bajo caudal, ha causado serios problemas a la población, por cuanto se desborda durante la época de lluvias, particularmente fue muy dañino durante el huracán Mitch en 1998. A partir de estos problemas, se han construido muros de contención para mantenerlo dentro de su cauce y en alguna oportunidad se hicieron trabajos de dragado, para reducir la posibilidad de nuevas inundaciones. Sin embargo, pocos años después, el 12 y 13 de Agosto del año 2007, una lluvia torrencial ininterrumpida provocó nuevas inundaciones debidas al desbordamiento del río, causando dolor y sufrimiento a muchas familias pobres que vivían en las áreas más vulnerables.

El grado de contaminación actual inhabilita a este río para fines de turismo y recreación, tampoco se aprovechan sus aguas con otros fines, aunque en el pasado abastecía de agua a algunas fincas que la usaban para beneficiar café, de lo cual aún quedan vestigios de presas construidas con ese fin.

3.3 BASE LEGAL

3.3.1 LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE GUATEMALA

La Constitución Política de la República de Guatemala, en su Artículo 97, declara que:

El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el

aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente evitando su depredación.¹⁹

Prácticamente, desde 1993, la Constitución Política contempla la prevención de la contaminación del ambiente y establece claramente quiénes son los responsables de velar por que este punto se cumpla. Dado que lo establece como un mandato, es un deber de todo ciudadano evitar la contaminación y denunciar las actividades que contaminen el ambiente, para mantener en el país, un equilibrio ecológico.

Es en este punto donde los factores sociales, políticos y económicos, entran en juego, pues nuestro país aún no está en condiciones de que cada ciudadano pueda, no solo evitar la contaminación, sino denunciarla. Por un lado la ley obliga, (lo cual es bueno), pero el gobierno no crea las condiciones para que se cumpla.

Pese a la obligación tanto del Estado, como de las Municipalidades para prevenir la contaminación, es muy lamentable observar que son precisamente las municipalidades las que contaminan los ríos vertiendo en ellos las aguas servidas del municipio, sin ningún tratamiento previo. Esto es muy lamentable por cuanto que las autoridades municipales no pueden tener solvencia moral para exigir que los vecinos cumplan la ley.

La misma Constitución,²⁰ en su artículo 127, otorga al público el derecho de usar y gozar de los beneficios derivados de

¹⁹ Asamblea Nacional Constituyente, *Constitución Política de la República de Guatemala*. Decretada en 31 de Mayo de 1985 y sus reformas publicadas en el diario oficial el 24 de Noviembre y el 3 de Diciembre de 1993, p 28

²⁰ Asamblea Nacional Constituyente, *Constitución Política de la República de Guatemala*. Decretada en 31 de Mayo de 1985 y sus reformas publicadas en el diario oficial el 24 de Noviembre y el 3 de Diciembre de 1993, p. 39

las aguas, siempre y cuando sea dentro del marco de la ley. Para esto se ha planteado la ley de aguas, (la cual se discutirá más adelante), pero ¿Cómo cumple el Estado su obligación legal de respetar, proteger y garantizar el derecho al agua?

Como lo indica Colom de Morán²¹, a nivel del Organismo Legislativo lo hace emitiendo leyes como el Código de Salud y el Código Municipal, que promueve la cobertura universal y de buena calidad de los servicios de agua potable y aguas residuales, además, lo hace asignando recursos para el sector agua potable y saneamiento cuando aprueba el presupuesto nacional, el cual en los últimos años equivale a un 2.3 y 3.5%.

El problema es que, o bien estos recursos no son suficientes o se orientan en otras direcciones, pues todavía el efecto en la población no se hace sentir y da la impresión que en todo caso solamente se hacen proyectos que puedan aliviar las necesidades básicas, pero no plantean proyectos futuristas que mantengan resuelto el problema cuando menos a mediano plazo.

El Organismo Ejecutivo, por su parte, ha emitido la política gubernamental de Guate Solidaria, orientando recursos del Estado a los municipios con mayor índice de inseguridad alimentaria e incluyendo asignaciones específicas para ser invertidas en agua potable y saneamiento en el proyecto de presupuesto anual.

Las municipalidades por su parte, para satisfacer la demanda urbana de agua potable, cobran tasas que casi siempre están por debajo de los costos de operación y mantenimiento,

²¹ Colom de Morán, E. *Estudio de los cambios legales en el marco de la privatización del agua en Guatemala*. 2005 40 p. www.brot-fuer-die-welt.de abril de 2006

subsidiando de hecho este servicio. Por otro lado, el artículo 128 de la Constitución,²² establece que:

El aprovechamiento de las aguas de los lagos y de los ríos, para fines agrícolas, agropecuarios, turísticos o de cualquier naturaleza, que contribuya al desarrollo de la economía nacional, está al servicio de la comunidad y no de persona particular alguna, pero los usuarios están obligados a reforestar las riberas y los causes correspondientes, así como a facilitar las vías de acceso.

Llama la atención que la Constitución solamente obliga a reforestar y a facilitar las vías de acceso cuando se aprovechan las aguas con cualquier fin que “contribuya al desarrollo” y que nada indique acerca de mitigaciones sobre los impactos que el uso de las aguas pueda causar.

3.3.2 LEY DEL AMBIENTE

Por su parte la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente²³ de 1986, en su Artículo 15, establece que al Estado le corresponde la protección, conservación y uso eficiente del agua y de las cuencas hídricas, éstas funciones que fueron delegadas originalmente a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), pero posteriormente, con la creación del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARN), las funciones de CONAMA se transfirieron a este Ministerio, de manera que ahora, éste es el responsable de velar por la recuperación de la calidad y cantidad de las aguas superficiales y

²² Asamblea Nacional Constituyente, *Constitución Política de la República de Guatemala*. Decretada en 31 de Mayo de 1985 y sus reformas publicadas en el diario oficial el 24 de Noviembre y el 3 de Diciembre de 1993, p 39.

²³ Congreso de la República de Guatemala, *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente*. Decreto No. 68-86. (1986) p. 6-8.

subterráneas; y para el efecto emitió el Reglamento de Aguas Residuales aprobado en el mes de Febrero de 2005 (el cual se discutirá más adelante), en sustitución del reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos permisibles de Contaminación de 1989, el cual nunca fue aplicado.

De acuerdo con el Artículo 15 de la citada ley²⁴, es el gobierno (a través del MARN) el que debe ejercer control para que el aprovechamiento y uso de las aguas no cause deterioro ambiental y revisar permanentemente los sistemas de disposición de aguas servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental, además de fijar los requisitos.

Obviamente, el gobierno no ha sido capaz de cumplir con esta parte de la ley, pues la mayoría de municipalidades vierte sus aguas residuales directamente a los ríos sin aplicar ningún tipo de tratamiento. Este parece ser uno de esos casos en que se escribe la ley porque es lo correcto, pero no se espera que se pueda cumplir por falta de recursos. Seguramente el MARN no dispone de los recursos necesarios para ejercer este tipo de control y la mayoría de las municipalidades no tiene la capacidad técnica ni económica para darle tratamiento a sus aguas servidas.

Otra obligación del gobierno es prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares de Guatemala, esta parte de la ley suena muy técnica e interesante, pero habría que preguntarse, ¿Tiene el país la capacidad técnica y económica para hacerlo? Aunque en teoría sí

²⁴ Congreso de la República de Guatemala, Ley *de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente*. Decreto No. 68-86. (1986) p. 6-8.

existe capacidad técnica y debería existir también la capacidad económica, en la práctica no existe voluntad política para mantener libre de contaminantes las fuentes de agua del país.

La citada ley²⁵ de protección y mejoramiento del medio ambiente también, en su Artículo 8, demanda que se elabore un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para toda obra o trabajo que implique impactos a los recursos hídricos. Este estudio, según se dice, debe ser aprobado por el MARN.

A decir verdad, algo se ha aplicado de esta ley, ya se exigen los estudios de impacto ambiental en proyectos importantes. Sin embargo, muchos de ellos sólo se presentan como un requisito de aprobación de los proyectos y los estudios carecen de fundamentos técnicos, pues el MARN no tiene la capacidad para verificar la veracidad de los estudios, ni para fiscalizar los proyectos. No obstante, el hecho que la ley lo contemple, es un buen paso en el camino a la conservación de los recursos.

3.3.3 CÓDIGO DE SALUD

El Código de Salud también establece normas para prevenir la contaminación de las aguas para fines domésticos y para el adecuado manejo y disposición de las aguas residuales producidas por estos sistemas. El Artículo 69 de dicho código establece que:

²⁵Congreso de la República de Guatemala, *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente*. Decreto No. 68-86. (1986) p. 3

El Ministerio de Salud y el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, establecerán los límites de exposición y de calidad ambiental permisibles a contaminantes ambientales, sean éstos de naturaleza química, física o biológica.²⁶

En el mismo Código, toda la Sección II se refiere a la eliminación y disposición de excretas y aguas residuales y específicamente el Artículo 97, que trata sobre la descarga de aguas residuales, establece que:

Queda prohibida la descarga de contaminantes de origen industrial, agroindustrial y el uso de aguas residuales que no hayan sido tratadas sin previo dictamen favorable del Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (Ahora se trata del Ministerio del Ambiente) y la autorización del Concejo Municipal de la jurisdicción o jurisdicciones municipales afectadas. Dicho dictamen debe ser emitido en un plazo que no exceda a lo que establezca el reglamento respectivo. Se prohíbe asimismo, la descarga de aguas residuales no tratadas en ríos, lagos, riachuelos y lagunas o cuerpos de agua, ya sean éstos superficiales o subterráneos²⁷

De manera que la ley efectivamente contempla que los cuerpos de agua no deben ser contaminados con descargas de aguas residuales no tratadas. Sin embargo, en todo el país vemos con impotencia cómo todos los ríos son cada vez más contaminados no solamente con las descargas de aguas residuales, sino con desechos sólidos.

En este punto cabe hacerse una reflexión, sobre qué es lo que pasa en el país, pues se tienen las leyes, pero no se cumplen, aunque se definen las acciones y la entidad que será responsable de ejecutarlas, no se le dota de los recursos necesarios para que pueda cumplir sus funciones. Al parecer las leyes se dictan porque

²⁶ Congreso de la República de Guatemala, *Código de Salud. Decreto No. 90-97* (1997) p 25-26

²⁷ *Ibíd*em

es lo que se espera que deba ser, pero no se espera que tengan que cumplirse.

3.3.4 REGLAMENTO DE DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES

El Código de Salud, Decreto 90-97, manda que los Ministerios de Salud y del Ambiente deben ser los responsables de velar por el cuidado del ambiente en general, y establecer los límites de exposición y de calidad ambiental permisibles a contaminantes ambientales, sean éstos de naturaleza química, física o biológica. Por lo que se elaboró el reglamento de las descargas y reuso de aguas servidas y de la disposición de lodos en mayo de 2006.²⁸

Este reglamento se venía discutiendo desde hacía más de un año y no entraba en vigor porque varias veces el propio Ministerio del Ambiente, se abstuvo de ponerlo en vigor. De acuerdo a A. Ramírez la razón que las autoridades argumentaron para la repetida suspensión del reglamento fue que *“la complejidad técnica de este cuerpo de normas hacía necesario suspender su entrada en vigencia”*.²⁹

Probablemente las suspensiones se debieron a que la norma obliga a las empresas a purificar o limpiar sus aguas negras antes de verterlas a los ríos y lagos y éstas no estaban

²⁸ Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala, *Reglamento de Descargas y reuso de Aguas Residuales y de la disposición de lodos*. Acuerdo Gubernativo 236-2,006. 24 p.

²⁹ Alberto Ramírez. *Paran Norma de Aguas Residuales*. Prensa Libre. 2 de marzo de 2,006

preparadas para este tipo de tratamiento, la misma define su objeto en el Artículo 1, que establece que:

El objeto del presente Reglamento es establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos³⁰.

El artículo 16 del Reglamento de descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos³¹ establece que los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales son: la temperatura, potencial de hidrógeno, grasas y aceites, materia flotante, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno total, fósforo total, arsénico, cadmio, cianuro total, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, zinc cloro y coliformes fecales. Pero, es un reglamento muy permisivo ya que establece una reducción progresiva en cuatro etapas durante 18 años. Se indica además, que se emplearán los métodos de análisis y muestreo establecidos por las Normas COGUANOR, las cuales se considera que son completas.

El mismo reglamento establece que es competencia del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales su cumplimiento, y las Municipalidades y demás Instituciones del Gobierno incluidas las descentralizadas y autónomas deben hacer del conocimiento de dicho Ministerio los hechos contrarios a dichas disposiciones.

³⁰ Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala, *Reglamento de Descargas y reuso de Aguas Residuales y de la disposición de lodos*. Acuerdo Gubernativo 236-2,006. 24 p.

³¹ *Ibíd*em

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Generar información básica confiable para proponer un plan de reducción de la contaminación y recuperación del río Cahabón en el municipio de Cobán, Alta Verapaz.

4.2 ESPECÍFICOS

1. Identificar y caracterizar las fuentes de contaminación más importantes del río Cahabón, en la cabecera de la cuenca.
2. Identificar los tipos de contaminantes más importantes del río Cahabón.
3. Recoger la opinión de la población de los municipios afectados, sobre la situación actual del río y la necesidad de recuperarlo.
4. Proponer medidas mitigantes para las fuentes de contaminación más severas.

5. METODOLOGÍA

Para determinar las fuentes de contaminación se tomaron muestras de aguas del río en diferentes puntos estratégicos.

Cuadro 1. Ubicación de los puntos de muestreo del agua del río Cahabón, en Alta Verapaz (2009)

No DE MUESTRA	LUGAR	COORDENADAS	ALTITUD (msnm)
1	Aldea Pantín. Tactic	15°22'50.1147" Lat. N 90°17'21.6222" Long W	1550
2	Entrada a Tactic	15°25'22.7038" Lat. N 90°20'40.5687" Long W	1475
3	Salida de Tactic	15°25'31.3718" Lat. N 90°21'54.0236" Long W	1460
4	Santa Cruz Verapaz	15°28'34.8709" Lat. N 90°37'25.7490" Long W	1395
5	Drenaje de la Laguna de Chichoj	15°28'32.88900" Lat. N 90°27'37.3514" Long W	1390
6	Entrada a Cobán	15°84'11.6918" Lat. N 90°24'33.6816" Long W	1310
7	Salida de Cobán	15°34'38.4352" Lat. N 90°21'26.1637" Long W	1300

Elaboración propia con datos de campo

Como se aprecia en el cuadro anterior, la primera muestra se tomó en el lugar más accesible cercano al nacimiento del río, luego las siguientes muestras se tomaron en las entradas y salidas de las poblaciones urbanas, para medir el aporte de contaminantes de cada municipio, incluyendo Cobán.

Con estas muestras se determinó la calidad y cantidad de contaminantes que aporta cada uno de los municipios. Las muestras tomadas antes del ingreso del río a las poblaciones indican las condiciones en que se encuentran los contaminantes provenientes de las aldeas y caseríos y las actividades agropecuarias.

Para cada una de las muestras se hicieron las pruebas estandarizadas para determinar los contaminantes presentes en el agua. Además se hicieron análisis microbiológicos para determinar agentes patógenos. Todas las muestras se tomaron durante la época seca, mes de mayo del 2009, cuando se supone que el río presenta su menor caudal, ya que es en este momento cuando los contaminantes se encuentran a mayor concentración.

Para la toma de muestras, se adquirieron botellas de plástico blanco con capacidad de un litro, las cuales fueron debidamente esterilizadas. En el punto de muestreo, se sumergieron las botellas a diferente profundidad para extraer las submuestras que finalmente se mezclaron para hacer una muestra por punto de muestreo para análisis microbiológico y una muestra para análisis químico. Estas muestras se sellaron inmediatamente y se colocaron en un recipiente propio con suficiente hielo para mantener una temperatura adecuada, mientras se trasladaban al laboratorio.

Todas las muestras fueron analizadas en el laboratorio de microbiología, y el laboratorio de suelos y agua de de la Carrera de Agronomía del Centro Universitario del Norte. Para determinar las condiciones en que se encuentra el río, se analizaron una serie de parámetros de tipo químico y biológico y después se compararon estos datos con los valores aceptados por la Comisión de Normas y Regulaciones de Guatemala (COGUANOR) para la calidad del agua y con los límites máximos permitidos por la Organización Mundial para la Salud (OMS) para fuentes de agua. Cada muestra se trasladó en hielera a baja temperatura para no afectar sus propiedades y se procesaron inmediatamente, de manera que no pasaron más de tres horas desde la toma y su procesamiento en laboratorio.

Los parámetros físicos, químicos y biológicos utilizados para determinar el grado de contaminación de las aguas del río, se presentan a continuación en el cuadro 2:

CUADRO 2. Parámetros químicos y microbiológicos determinados en cada una de las muestras de agua tomadas del río Cahabón, en Alta Verapaz (2009)

Alteraciones químicas	Alteraciones biológicas del agua
pH	Bacterias coliformes
Oxígeno disuelto (OD)	Estreptococos fecales
Materia orgánica biodegradable: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Animales, plantas, microorganismos diversos
Materiales oxidables: Demanda Química de Oxígeno (DQO)	
Nitrógeno total	
Fósforo total	
Aniones:	
cloruros	
nitratos	
nitritos	
fosfatos	
sulfuros	
cianuros	
Fluoruros	
Cationes:	
sodio	
Calcio y magnesio	
amonio	
Compuestos orgánicos	

Elaboración propia

La percepción que la población tiene acerca de la problemática de la contaminación del río es muy importante, ya que del grado de conciencia que se tenga depende la participación de la población en cualquier programa de rescate del río. Para determinar esta percepción, se pasaron encuestas a los pobladores del área urbana de los municipios que se ubican en el área de estudio (Tactic, Santa Cruz, San Cristóbal y Cobán), utilizándose para tal fin la boleta elaborada exclusivamente para este propósito y que se adjunta en el anexo 1 de este documento.

Para determinar el tamaño de la muestra de la población que se debía encuestar, se aplicó la fórmula $n = N/d^2 + 1$ donde n = tamaño de muestra, N = población, y d = nivel de precisión. Previo a hacer la encuesta, se validó la boleta con una muestra de 25 personas tomadas al azar.

La población estimada para los municipios de Tactic, Santa Cruz, San Cristóbal y Cobán es de 231 344, según el Instituto Nacional de Estadística³², por lo que al aplicar la fórmula se obtiene una muestra de 99 boletas.

Para que la encuesta realmente representara la opinión de la población, se estimó el porcentaje que la población de cada municipio representaba del total de la población y así se asignó el número de boletas para cada municipio. Una vez determinado el número de boletas por municipio, se zonificó el área urbana con ortofoto y se ubicó la vivienda que debía ser encuestada. El siguiente cuadro muestra la forma como se asignaron las boletas de encuesta por municipio.

CUADRO 3. Distribución de las boletas de encuesta por municipio en base a su población (2009)

No	MUNICIPIO	No DE BOLETAS
1	Tactic	11
2.	Santa Cruz	8
3	San Cristóbal	19
4	Cobán	62
	Total	100

Elaboración propia

³² Guatemala, Instituto Nacional de Estadística de la República de Guatemala. 2009. www.ine.gob.gt consultado el 30 de Abril de 2009.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras obtenidas directamente de los siete puntos de muestreo del río, se trasladaron al laboratorio de microbiología y al laboratorio de suelos y agua de la Carrera de Agronomía del Centro Universitario del Norte y se procesaron inmediatamente, con lo que se obtuvieron los siguientes resultados.

6.1 ANÁLISIS QUÍMICO

Cuadro 4. Resultados del análisis químico de las siete muestras tomadas en diferentes puntos del recorrido del río Cahabón en miligramos por litro de agua. (2 009)

Características Químicas	MUESTRA						
	1	2	3	4	5	6	7
pH	7,850	8,270	7,520	7,940	7,280	8,130	7,620
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	46,000	52,800	31,350	47,880	43,200	25,500	38,400
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	71,000	88,000	57,000	76,000	72,000	47,000	64,000
Nitrógeno total	0,300	1,400	0,500	1,300	1,600	2,700	2,800
nitratos	0,700	0,700	0,500	0,900	0,600	1,000	0,700
nitritos	0,009	0,008	0,026	0,045	0,011	0,021	0,048
fosfatos	6,900	2,900	3,400	5,000	6,500	3,100	5,300
Sulfatos	100,000	100,000	100,000	100,000	57,000	100,000	55,000
cianuros	0,010	0,025	0,061	0,059	0,021	0,031	0,022
sodio	10,000	10,000	10,000	10,000	6,000	10,000	10,000
Calcio	37,000	68,000	38,000	26,000	50,000	14,000	48,000
Magnesio	41,100	43,600	49,600	19,500	53,100	51,900	54,000
Cromo	0,060	0,040	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloro	0,030	0,010	0,020	0,040	0,020	0,010	0,030
Boro	0,100	0,070	0,060	0,070	0,060	0,060	0,080
Plomo	0,680	0,750	1,120	0,390	0,630	0,270	0,670

Elaboración propia con datos generados en el laboratorio

Para determinar la situación actual del río Cahabón, se consideraron los límites máximos permisibles de las especificaciones de las normas COGUANOR NGO 29 001-99 para agua potable, que es una primera revisión de la misma norma que fue publicada en el diario oficial el 18 de Octubre de 1985, a la cual sustituye.

Cuadro 5. Límites Máximos Aceptables y Límites Máximos Permisibles de contaminantes químicos para el agua potable, de acuerdo con las especificaciones de las Normas COGUANOR NGO 29 001-99

CONTAMINANTE	Límite Máximo Aceptable (mg/l)	Límite Máximo Permissible (mg/l)
pH	7-7,5	6,5-8,5
(DBO)	---	---
(DQO)	---	---
Nitrógeno total	---	---
nitratos	---	10,000
nitritos	---	1,000
fosfatos	---	---
Sulfatos	100,000	250,000
cianuros	---	0,070
sodio	---	---
Calcio	75,000	150,000
Magnesio	---	100,000
Cromo	---	0,050
Cloro	0,5	1,000
Boro	---	0,300
Plomo	---	0,010

Elaboración propia con información obtenida de las especificaciones para agua potable de COGUANOR NGO 29 001-99.

Como puede apreciarse en el cuadro anterior, las especificaciones de COGUANOR para la calidad del agua potable no determinan un máximo aceptable ni permisible para la Demanda Bioquímica de Oxígeno, ni para la Demanda Química de Oxígeno y de otros elementos contaminantes, ya que se supone que estos no deben estar presentes en el agua de consumo humano.

Sin embargo, debido a los altos niveles de contaminación orgánica del río Cahabón, y que en definitiva no se usa con fines de consumo humano, se ha decidido en este estudio utilizar los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial para la Salud (OMS) para fuentes de agua.

Cuadro 6. Comparación entre los resultados obtenidos en los siete puntos de muestreo del río Cahabón y los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por las Normas COGUANOR NGO 29 001-99 para agua potable y OMS para fuentes de agua.

CONTAMI- NANTE	MUESTRAS (mg/l)							LMP (mg/l)
	1	2	3	4	5	6	7	
pH	7,850	8,270	7,520	7,940	7,280	8,130	7,620	6,5-8,5
(DBO)	46,000	5,80	31,350	47,880	43,200	25,500	3,40	*6,000
(DQO)	71,000	88,000	57,000	76,000	72,000	4,00	6,00	*10,000
Nitrógeno total	0,300	1,400	0,500	1,300	1,600	2,700	2,800	*1,000
nitratos	0,700	0,700	0,500	0,900	0,600	1,000	0,700	10,000
nitritos	0,009	0,008	0,026	0,045	0,011	0,021	0,048	1,000
fosfatos	6,900	2,900	3,400	5,000	6,500	3,100	5,300	---
Sulfatos	100,000	100,000	100,00	100,00	57,000	100,00	55,000	250,000
cianuros	0,010	0,025	0,061	0,059	0,021	0,031	0,022	0,070
Sodio	10,000	10,000	10,000	10,000	6,000	10,000	10,000	---
Calcio	37,000	68,000	38,000	26,000	50,000	14,000	48,000	150,000
Magnesio	41,100	43,600	49,600	19,500	53,100	51,900	54,000	100,000
Cromo	0,060	0,040	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloro	0,030	0,010	0,020	0,040	0,020	0,010	0,030	1,000
Boro	0,100	0,070	0,060	0,070	0,060	0,060	0,080	0,300
Plomo	0,680	0,750	1,120	0,390	0,630	0,270	0,670	0,010

*Límite Máximo Permisible de acuerdo con la OMS para fuentes de agua

Elaboración propia con información obtenida del análisis de laboratorio.

A continuación se hace un análisis de la situación en los diferentes puntos de muestreo, de cada uno de los elementos determinados, comparándolos con los límites máximos permitidos tanto por COGUANOR, como por la OMS.

Potencial de Hidrógeno. Las aguas naturales pueden tener pH ácido por el CO₂ disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos, por

ácido sulfúrico procedente de algunos minerales y por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO_2 formando un sistema tampón carbonato/bicarbonato. Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener pH muy ácido. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, acción de los floculantes, tratamientos de depuración, etc.

Para el caso de esta investigación, se puede ver que todos los puntos muestreados presentan un pH dentro del rango permitido por la normativa de calidad de agua, por lo que se puede decir que no hay contaminantes en la región que estén alterando el pH al punto de hacerla inaceptable para usos domésticos.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se mide cinco días después de poner a incubar las muestras a una temperatura constante de 20°C . Su valor determina de manera indirecta la cantidad de materia orgánica presente en el agua y ayuda a estimar la cantidad de oxígeno necesaria para la depuración de esas aguas y para comprobar la eficacia del tratamiento depurador en una planta.

Debido a que todos los puntos muestreados superan los límites máximos permisibles establecidos por la organización Mundial para la Salud (OMS), se considera que el río en su totalidad está muy cargado de compuestos orgánicos que demandan una gran cantidad de oxígeno para ser degradados. Estos compuestos orgánicos llegan al río, procedentes de las explotaciones ganaderas y agrícolas en las zonas rurales y de los desechos sólidos y drenajes de aguas negras de los poblados, los cuales las vierten directamente al río sin ningún tipo de tratamiento.

Se esperaría que la población de microorganismos presentes en el río puedan con el tiempo suficiente, degradar estos compuestos orgánicos, sin embargo, para el caso del río Cahabón, la cantidad de materia orgánica vertida por cada poblado es tan alta y la distancia entre poblaciones es tan corta que no se le da tiempo a los microorganismos reductores para degradar la materia antes de que se viertan nuevas cantidades.

Otro factor a tomar en cuenta es que durante el trayecto del río desde su nacimiento, con excepción de la catarata previa al lugar donde se tomó la primera muestra, no cuenta con rápidos que le permitan oxigenarse, además de que las sustancias químicas que se vierten al río, ya sea en las aguas negras o como consecuencia de la actividad agropecuaria, de alguna manera reducen la población de los microorganismos reductores.

Demanda Química de Oxígeno (DQO). Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico (normalmente dicromato potásico en medio ácido). Se determina en un período de tres horas a partir del momento en que se adicionan los reactivos en el laboratorio y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO, es decir, se expresa como una proporción de ésta, por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días que se requieren para determinar la DBO.

Sin embargo la DQO no diferencia la materia biodegradable del resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales. Su utilidad radica en que en aquellos casos en que no es posible determinar la DBO, porque no se dispone del tiempo necesario, o no se cuenta con los reactivos o tecnología para determinarla, entonces la DQO puede usarse como un parámetro para determinarla. La DQO se determinó como un complemento en la investigación ya que es más precisa la DBO.

En todo caso, también los datos de DQO en todos los puntos muestreados exceden los 10 mg/l determinados por la OMS para fuentes de aguas. Esto está en concordancia con los resultados de la DBO y significa que los niveles de materia orgánica en el río son altos.

Nitrógeno Total. Varios compuestos de Nitrógeno son nutrientes esenciales para la célula vegetal, los que ella utiliza para la síntesis de proteínas. De hecho el Nitrógeno, junto con el Oxígeno, el Carbono y el Hidrógeno constituyen la base de las estructuras celulares. Se estima que la poca disponibilidad de Nitrógeno puede limitar el desarrollo de muchas especies, por eso su presencia en exceso en las aguas es causa de eutrofización. Esto significa que un alto contenido de Nitrógeno, junto con otros elementos favorece el desarrollo de algas, éstas constituyen el sustrato que facilita el desarrollo de otras plantas acuáticas, las cuales son precursoras de plantas terrestres que poco a poco van transformando en suelo, el espacio ocupado por el agua.

El Nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales se suele determinar el NTK (Nitrógeno Total Kendahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido en nitratos y nitritos se da por separado.

Aunque las normas de COGUANOR para agua potable no dan un valor para el Nitrógeno Total, la OMS establece un valor de 1 mg/l de agua como Límite Máximo Permisible, por lo que se considera que las aguas del río Cahabón están superando la permisividad de este contaminante, con excepción de dos puntos muestreados. El Nitrógeno es componente de proteínas y otros compuestos orgánicos, por lo tanto, su presencia en altos niveles en el río significa que se han vertido desechos orgánicos.

El hecho que dos puntos muestreados no superaran los límite máximos permisibles, puede deberse a que en el momento en que se tomaron las muestras no se habían vertido desechos al río. Esto significa, que para tener datos más precisos, es recomendable hacer los análisis con más frecuencia durante un período de por lo menos un año, para analizar el comportamiento de los contaminantes en función del tiempo.

Nitratos. Generalmente indican contaminación agrícola, principalmente por la aplicación de fertilizantes orgánicos. Sin embargo, en ninguno de los puntos muestreados, los niveles superaron el límite máximo permisible por las Normas COGUANOR o la OMS. Esto demuestra que aunque hay actividad agrícola en la cuenca, no es significativa como fuente de contaminación con Nitrato, probablemente se deba a que la agricultura en su mayoría, no sea intensiva, es decir, no se ha adoptado la tecnología de la revolución verde.

NITRITOS. La presencia de Nitritos en el agua, indica actividad bacteriológica. Debido a que los niveles de Nitritos en las aguas del río Cahabón son bajos, se debe suponer que la presencia de bacterias nitrificantes es baja, a pesar de que en el agua los niveles de Nitrógeno total son altos. Esto podría deberse cuando menos, en parte, a la alta presencia de otro tipo de bacterias como las coliformes que de alguna manera inhiben su desarrollo.

De cualquier manera, el estudio del comportamiento de las bacterias nitrificantes siempre va a resultar complicado en las aguas de un río, debido a que es un sistema altamente dinámico y son muchos los factores que inciden para el desarrollo de sus poblaciones, pero el hecho de que en todas las muestras analizadas los niveles de Nitritos estén bajos es alentador, ya que implica que por lo menos con este tipo de compuestos no hay contaminantes.

Fosfatos. Su presencia en las aguas se debe a la contaminación con detergentes y fertilizantes. Ni COGUANOR ni la OMS dan un límite máximo

permisible para fosfatos, por lo que su presencia no debe aceptarse en aguas para consumo humano. Sin embargo, en todas las muestras tomadas del río se encontraron diferentes cantidades de estos compuestos.

Se considera que los fosfatos son la mayor fuente de contaminación de lagos y ríos, y sus altos niveles promueven la sobreproducción de algas, y sin duda su principal fuente son los fertilizantes.³³ Sorprendentemente fue en el primer punto de muestreo donde se halló el nivel más alto de fosfatos, y debido a que justo en los terrenos aledaños había una plantación de hortalizas muy cercana al río, es de suponer que la aplicación de fertilizantes explica su presencia en las aguas del río.

Otro punto que presentó un nivel alto de fosfatos es el que se ubicó en el drenaje de la laguna de Chichoj, ya que lleva concentradas las aguas negras de la población de San Cristóbal Verapaz, en este caso es muy probable que el origen de los altos niveles de fosfatos sea el uso de detergentes y jabones, ya que un componente de los detergentes y jabones es el tripolifosfato de sodio, el cual, al formar complejos solubles con los iones calcio, hierro, magnesio y manganeso, quita las manchas que estos dejan en la ropa.

El tripolifosfato tiene tres funciones en jabones y detergentes: actúa como base para subir el pH del agua, lo cual es necesario para la función del detergente, reacciona con los iones de calcio y magnesio del agua dura para que no anulen al detergente y mantiene el polvo y las grasas en suspensión, lo cuál facilita su eliminación.³⁴

³³ Fertilizantes de fosfato y la contaminación de aguas. www.ext.colostate.edu/ptlk.

³⁴ Contaminación por detergentes. Eutrofización. www.sagan.gea.org consultado 4 de Agosto de 2009.

Debido a los problemas de eutrofización de lagos y ríos atribuidos a detergentes hechos a base de fosfatos, algunos países han prohibido su uso.

Sulfatos. Proceden del suelo o de la oxidación de sulfuros normales, los sulfuros, indican acción bacteriológica anaerobia, principalmente por aguas negras. Sin embargo, en ninguno de los puntos muestreados se superó el límite máximo permisible por COGUANOR. Esto quizá se deba a que los suelos del área por ser calcáreos, carecen de sulfatos, y los sulfuros por aguas negras no se han podido formar en cantidades apreciables todavía debido al fuerte caudal del río, ya que su formación es más intensa en aguas de poca corriente, donde se crean las condiciones de anaerobiosis.

Cianuros. El cianuro puede proceder de fuentes naturales como algunos de los productos vegetales que consumimos diariamente: Brasicáceas como el repollo, brócoli, rábano, o algunas legumbres como el frijol o frutos como las almendras. También procede de productos orgánicos producidos por el hombre como: plástico, telas sintéticas, tintes, algunos medicamentos, fertilizantes y herbicidas. En la industria minera se utiliza el cianuro de sodio para la extracción de metales preciosos.³⁵

Su presencia en ríos, generalmente indica contaminación de origen industrial principalmente compuestos orgánicos derivados de los hidrocarburos que por descuido se derraman en fuentes de agua. Aunque sí están presentes en todas las muestras tomadas del río Cahabón, sus niveles no alcanzan los límites máximos permisibles.

Sodio. Es un indicador de salinidad y no hay establecidos límites máximos permisibles, sin embargo se encuentra presente en todas las

³⁵ Barrick. 2007. Usos y aplicaciones del cianuro. 36 p www.barrick.cl/usuarios%20

muestras tomadas. El sodio como contaminante puede provenir de polvos y limpiadores abrasivos a base de fosfato de sodio que se usan como limpiadores domésticos y su efecto es corrosivo, tóxico e irritante. De hecho el Sodio es un componente regular de jabones de tocador y detergentes en forma de cloruro de sodio, sulfato de sodio, silicato de sodio, tripolifosfato de sodio, citrato de sodio y benzoato de sodio.

Tomando en cuenta que al río se vierten todos los desechos domésticos, esto explica la presencia de sodio en las aguas ya que puede provenir de limpiadores a base de fosfato de sodio y otras sales de uso doméstico así como jabones y detergentes.

Calcio. Está relacionado con la dureza del agua, pero en este caso, ninguna muestra superó los límites máximos permisibles. Para el caso de Alta Verapaz, es natural que las aguas sean duras, ya que los suelos son de origen cárstico, esto explica su presencia en las aguas del río, sin embargo se ha diluido por el fuerte caudal al punto que no se superan los límites establecidos tanto por COGUANOR como por la OMS.

Magnesio. Igual que el calcio, está relacionado con la dureza del agua, y también se presenta como consecuencia de la meteorización de las rocas calcáreas, sin embargo, en ningún caso superó los límites máximos permisibles.

Cromo. Es usado en procesos industriales como manufactura de tintes y pinturas, metales y aleaciones, curtido de pieles y cuidado de madera. Los incrementos de cromo son generalmente el resultado del desecho de productos comerciales que lo contienen.

En esta investigación el cromo apareció en todos los puntos de muestreo en los límites máximos permisibles, pero en el primer punto de muestreo, los superó por una décima. Por lo tanto, debería hacerse un seguimiento haciendo análisis en otras épocas para determinar si la contaminación se debe sólo a que en un momento dado fueron vertidas al río sustancias conteniendo cromo o si realmente constantemente se vierten estas sustancias, ya que una inspección ocular no reveló indicios de alguna actividad que pudiera explicar este resultado. Además, es importante aclarar que el método usado para determinar este elemento, no permite determinar cantidades menores de 0.050 mg/l, por lo que las lecturas reales podrían ser inferiores.

Cloro. La procedencia del cloro puede ser por actividades humanas ya que se usa para blanquear la ropa, pero una buena parte puede deberse a que también es usado para eliminar microorganismos en el agua de consumo humano. Sin embargo, en las muestras tomadas, no se superó los límites permitidos.

Es bien sabido que el cloro se ha usado en el proceso de purificación del agua como último paso en las plantas de tratamiento, después del tratamiento físico y microbiológico, debido a que puede eliminar microorganismos patógenos. Sin embargo, no es un desinfectante selectivo, de manera que también puede eliminar toda clase de microorganismos. Su presencia en el agua puede ser fatal para la fauna acuática ya que se conoce su efecto perjudicial para peces y otros organismos. Las bacterias reductoras no se escapan de sufrir daños por este elemento, de manera que sus poblaciones se ven mermadas considerablemente, reduciendo la degradación de la materia orgánica.

Los límites máximos permisibles se dan en el sentido de la cantidad de cloro que puede eliminar microorganismos patógenos en el agua y que pueda ser consumida por el ser humano sin sufrir ningún efecto nocivo. Este límite es importante para el agua potable, ya que este elemento se usa como desinfectante del agua para consumo humano. El hecho que las cantidades de cloro presentes en las aguas del río sean inferiores a los LMP, significa que los microorganismos no han sido eliminados adecuadamente, como se demuestra por la alta concentración de bacterias coliformes.

Boro. Su presencia en el agua se debe más a factores naturales que a descargas antropogénicas, es decir, puede deberse su presencia a la existencia de depósitos de evaporitas de boratos, o bien depósitos de nitratos donde puede haber altas concentraciones de boro. Aunque se encuentran en algunos detergentes, sobre todo industriales, se ha establecido un límite máximo para agua potable de 0.300 mg/l, lo cuál no fue superado por ninguna de las muestras tomadas

Plomo. El plomo es un mineral tóxico que contamina el agua por sus sales solubles en agua, que pueden ser generadas por pinturas, acumuladores, esmaltado de alfarería, coloración de vidrios o por componentes de fuegos pirotécnicos. El plomo se usa en la fabricación de tanques de almacenamiento, pipas, tuberías y soldaduras resistentes a la corrosión.

Todos los puntos muestreados superaron los límites máximos permisibles, por lo que, hay contaminación por plomo en el río Cahabón, esto debería ser analizado más detenidamente por las autoridades, para determinar si la contaminación es temporal o permanente. De ser así, es necesario ubicar la fuente de contaminación para tomar las medidas correctivas necesarias. Debido a que el plomo podría provenir de la

cañería metálica usada en la red de agua potable, se recomienda un análisis del agua entubada de los pueblos bajo estudio, ya que podría ser la fuente de contaminación por plomo.

El plomo puede causar problemas de aprendizaje y de comportamiento en niños y puede dañar la audición y el sistema nervioso, incluyendo el cerebro³⁶

Un análisis global de los resultados obtenidos en los siete puntos de muestreo nos permite ver que aunque hay presencia de algunos elementos químicos contaminantes en las aguas del río, sus niveles todavía no son alarmantes, ya que en la mayoría de los casos no superan los límites máximos permitidos, tanto por las normas COGUANOR como por las de la OMS. Esto podría deberse a que la región no está industrializada y la actividad agropecuaria no es intensiva en el uso de agroquímicos.

Algo que no puede pasar inadvertido es que en algunos casos se presentó una ligera variación en las cantidades de algunos contaminantes en los diferentes puntos de muestreo, es decir, en ocasiones las cantidades eran superiores en puntos más cercanos al nacimiento del río que en los puntos más bajos. Esto puede explicarse porque el río presenta un caudal fuerte, y los contaminantes no están estáticos, sino que son arrastrados corriente abajo con celeridad. Así, un contaminante presente en cantidades importantes un día, puede no estar presente al siguiente día, ya que su presencia depende de que se viertan en un momento dado.

Por ejemplo, la presencia de plomo en altas concentraciones, puede explicarse por las actividades antropogénicas, ya que es un

³⁶ Plomo. www.healthyhommespartnership.net. 4 p.

elemento que está presente en muchos materiales e insumos de actividades artesanales, pero es necesario poner atención a las cañerías de la conducción de agua potable, ya que algunas pueden ser metálicas y por lo tanto ser un factor importante de contaminación con plomo.

Sin embargo, no es posible hacer conclusiones respecto de la contaminación química del río solamente con estos resultados, ya que son válidos para los puntos muestreados durante las fechas de muestreo, pero nos pueden dar una idea de los elementos que suelen encontrarse en el agua un día cualquiera, y sirven como punto de partida para estudiar el comportamiento de aquellos elementos que hoy aparecen superando los límites máximos permisibles.

Un estudio más preciso requerirá del análisis químico de diferentes puntos de muestreo sistemático durante, al menos un año con frecuencias de uno a dos meses, evaluando la toma de muestras a diferentes profundidades y posiciones respecto del ancho del río.

La degradación de la materia orgánica, presente en grandes cantidades en el río Cahabón, puede acelerarse con la actividad de microorganismos aerobios. Sin embargo, en la mayor parte del recorrido del río bajo estudio, éste carece de rápidos que aportarían el oxígeno necesario para favorecer la actividad microbiana.

Esto puede mejorarse mediante la construcción de pequeños diques durante el trayecto del río, los cuales además de permitir la oxigenación, estarían desempeñando un papel importante como mitigadores de la escorrentía durante las frecuentes crecidas que acarrearán otro tipo de problemas socioeconómicos en la región.

6.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se hizo además un estudio de la calidad bacteriológica del agua para cada uno de los puntos muestreados, para lo cual se contó con la colaboración de la Licenciada Química Bióloga Ana Margarita García Sánchez, y los resultados del análisis para cada punto muestreado se presentan en el Anexo 2. A continuación, se ofrece un consolidado de los resultados.

Cuadro 7. Resultados de los análisis microbiológicos practicados en los siete puntos muestreados del río Cahabón. (2009)

Puntos de muestreo	Coliformes Totales *NMP/100ml	Coliformes Fecales *NMP/100ml	Escherichia coli	Enterococcus sp.	Tratamientos recomendados, según los estándares de la OMS
1	1,500	1,500	Positiva	Negativa	coagulación, filtración y desinfección
2	1,100,000	24,000	Positiva	Negativa	Tratamientos especiales
3	1,100,000	1,100,000	Positiva	Positiva	Tratamientos especiales
4	150,000	120,000	Positiva	Positiva	Tratamientos especiales
5	39,000	28,000	Positiva	Positiva	Tratamientos especiales
6	19,000	1,100	Positiva	Positiva	Tratamientos especiales
7	2,400,000	2,400,000	Positiva	Negativa	Tratamientos especiales

*NMP = Número Más Probable de microorganismos

Elaboración propia con información generada en el laboratorio

En este caso, se siguieron los procedimientos establecidos tanto por las Normas COGUANOR, como las de la OMS, por el método de Número Más Probable (NMP) y el de los tubos múltiples de fermentación, y para la interpretación de los resultados, se usó el valor de referencia establecido por la OMS, ya que es más exigente que las especificaciones de COGUANOR para agua potable, las cuales se presentan a continuación.

Cuadro 8. Valores de referencia de la Organización Mundial para la Salud (OMS) para el recuento de bacterias coliformes por el método del Número Más Probable (NMP) (2009)

GRUPO	NORMAS BACTERIOLÓGICAS	BACTERIAS COLIFORMES (NMP/100ml)
I	Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección.	0 – 50
II	Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de métodos habituales de tratamiento (coagulación, filtración, desinfección, etc.)	50 – 5000
III	Contaminación intensa que obliga a tratamientos más activos.	5000 – 50000
IV	Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales, estas fuentes sólo se utilizarán en último extremo	Más de 50000

Fuente: Normas de calidad para las fuentes de agua OMS.

Coliformes totales. Son bacterias en forma de bacilos, aerobias y anaerobias facultativas, Gram negativas, no esporuladas que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 35°C +/- 0.5°C en un período de 24 a 48 horas, por el método de los tubos múltiples de fermentación. Por el método de membrana de filtración, son los microorganismos que desarrollan una colonia rojiza con brillo metálico dorado en un medio tipo endo después de una incubación de 24 horas a 35°C.

Coliformes fecales. Son bacterias que forman parte del grupo Coliforme total, fermentan la lactosa con producción de gas a 40°C +/- 0.2°C en un período de 24 horas +/- 2 horas cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. En el método de filtración de membrana se utiliza un medio de lactosa enriquecido y una temperatura de incubación de 44.5°C +/- 0.2°C en un período de 24 horas +/- 2 horas. A este grupo también se le denomina Termotolerante y Termorresistente.

Escherichia coli. Son bacterias coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a 44°C con producción de gas y que también producen indol a partir de triptófano, la

confirmación de *E. coli* se logra mediante el resultado positivo en la prueba con el indicador rojo de metilo. La comprobación de la ausencia de síntesis de acetil carbinol y de que no se utiliza el citrato como única fuente de carbón. *E. coli* es el indicador más preciso de contaminación fecal.

De los datos anteriores (cuadro 8) se deduce que el río Cahabón, en todos los puntos de muestreo, se encuentra en un estado de contaminación bacteriana muy intensa, la primera muestra fue tomada en el primer lugar más próximo a la carretera desde el nacimiento del río, pero podía observarse que en la parte alta de la cuenca, había una población rural, además en los alrededores hay explotaciones ganaderas. Esto explica por qué todas las muestras están contaminadas con coliformes fecales y prácticamente el río está contaminado desde su nacimiento.

Las fluctuaciones en los resultados obtenidos, pueden explicarse por la cercanía o alejamiento del punto de muestreo de un desfogue de drenaje, ya que estos están más cargados de heces y por lo tanto, contienen una mayor cantidad de coliformes totales y fecales. Esto explica por qué el punto de muestreo número 6 que se ubica antes de que el río entre a la ciudad de Cobán, presente los niveles más bajos, ya que el río para llegar a este punto ha recorrido varios kilómetros en despoblado, incluyendo algunas áreas boscosas, lo cuál significa que no se vierten más drenajes al río, y los residuos que arrastra hasta este punto, vienen bastante diluidos.

De cualquier manera, en ningún tramo del río el agua está apta para consumo humano, ya que la intensa contaminación la hace inaceptable y sólo podría usarse como un último recurso, luego de hacerse tratamientos especiales que incluyen el tratamiento de las aguas

negras y desechos sólidos de los poblados, así como técnicas de tratamiento del agua del río.

Un problema es que durante la presente investigación, se pudo constatar que muchas personas hacen uso de las aguas del río para lavar ropa, lavar autos, para consumo de animales y para la aplicación de plaguicidas agrícolas. Esto demuestra que hace falta una campaña de educación ambiental para hacer conciencia en los pobladores de los peligros que se corren para la salud humana haciendo uso de las aguas sin tratar de este río.

6.3 OPINIÓN DE LOS POBLADORES

Los datos tabulados de la encuesta que se hizo, se presentan en el anexo 1. De acuerdo con la información que se obtuvo, se puede decir que nadie en la población considera que el agua del río Cahabón sea apta para consumo humano, sin embargo, un 22% de la población no ve problema en que el agua sea consumida por animales y un 38% de la población considera que puede ser usada para riego de cultivos o para beneficiar café. Esto, a pesar de que el 50% de la población considera que el río está muy contaminado.

Estos resultados de alguna manera demuestran la ignorancia de la población sobre la inocuidad de alimentos, ya que tanto el riego como la aplicación de plaguicidas y el beneficio de café con aguas contaminadas, son una fuente de contaminación importante de los alimentos, sobre todo cuando se trata de aguas con los altos niveles de contaminación microbiológica que presenta el río Cahabón.

Hay un sentimiento general de que las principales fuentes de contaminación del río son los drenajes domésticos y los desechos sólidos, esto tal vez se deba a que ambos son demasiado obvios y se vierten directamente al río como una actividad normal, al punto que las personas no se dan cuenta del daño que producen. Por otro lado, pocas personas considerarían a la actividad agrícola y ganadera como una fuente de contaminación.

El 100% de los encuestados considera que es importante y necesario el rescate del río Cahabón, el 58% considera que es posible descontaminarlo pero que sería muy costoso y más de la mitad de encuestados cree que debería ser responsabilidad de las municipalidades y el gobierno central un proyecto de rescate del río.

Es interesante que 67% de la población conoce dónde se vierten las aguas negras de su municipio y el 72% está consciente de que no reciben un tratamiento adecuado antes de ser vertidas al río, pero al parecer la gente está más informada de dónde se deposita la basura de su municipio, ya que el 91% asegura saberlo y el 79% considera que el basurero de su municipio no está ubicado en un buen sitio

7. PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Como se ha comprobado, las principales fuentes de contaminación del río Cahabón son las municipalidades y las comunidades rurales que vierten sus aguas negras y desechos sólidos directamente al río sin ningún tratamiento previo. Por lo tanto, se recomiendan las siguientes acciones para mitigar los efectos negativos de las actividades antropogénicas.

- 7.1 La autoridad rectora en materia ambiental, debería declarar como una prioridad para la región, el rescate del río Cahabón, coordinando las acciones y los proyectos que se gesten con participación comunitaria y las autoridades municipales de los municipios involucrados, gestionando financiamiento en la Cooperación Internacional para que cada municipio cuente con plantas de tratamiento de las aguas negras y desechos sólidos.
- 7.2 Aprovechar los fondos de inversión social para dotar de los servicios de drenaje tipo francés a las comunidades rurales que se ubican en las riveras del río, a efecto de evitar la contaminación por desechos domésticos.
- 7.3 Promover una extensa campaña de educación ambiental a todo nivel en los municipios involucrados, con el fin de crear conciencia sobre la necesidad de no contaminar las aguas del río, y colocar rótulos de advertencia en los lugares de acceso para evitar que se siga vertiendo basura.
- 7.4 Como un proyecto regional, debería promoverse la reforestación en la ribera del río, para ir creando un área atractiva que permita que las personas valoren lo que representa contar con un río en buenas condiciones y de fácil acceso. Esto además, detendría la escorrentía y el arrastre de desechos sólidos al río.

8. CONCLUSIONES

1. La principal fuente de contaminación del río Cahabón son los drenajes urbanos que se vierten directamente en sus aguas sin ningún tipo de tratamiento, esto puede demostrarse por la presencia de altas concentraciones de *Escherichia coli* en todos los puntos de muestreo, así como la presencia de coliformes totales y fecales que hacen prácticamente imposible el uso del agua para consumo humano. Con esto queda demostrada la hipótesis planteada en este ensayo
2. Los altos niveles de Demanda Química y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO y DBO, respectivamente) son un indicador claro de la alta concentración de compuestos orgánicos que requieren una gran cantidad de oxígeno para ser degradados por los microorganismos presentes en el agua, esto también confirma la hipótesis planteada en esta investigación, en el sentido de que la principal contaminación del río Cahabón es de origen orgánico.
3. Aunque las actividades agropecuarias tienen un pequeño aporte a la contaminación del río Cahabón, a juzgar por los contaminantes determinados, son los drenajes de los municipios y los desechos sólidos que se vierten directamente al río las principales fuentes de contaminación.
4. Los contaminantes químicos que superaron los límites máximos permitidos, tanto por las Normas COGUANOR como por la OMS, son: el Nitrógeno Total, los Fosfatos, el Sodio y el Plomo. De éstos, el Nitrógeno Total indica contaminación por desechos orgánicos que más probablemente se deben a los drenajes vertidos al río, los fosfatos pueden provenir del uso de fertilizantes y en alguna medida significativa de detergentes y jabones de uso común. El Sodio es componente de polvos y limpiadores abrasivos, así como de jabones y detergentes a base de diferentes compuestos de sodio, mientras que el

Plomo es componente principal de cañerías, pinturas y acumuladores de autos. Por lo tanto, la contaminación del río por estos compuestos es prácticamente de origen antropogénico.

5. Aunque algunos compuestos químicos se encuentran en niveles que superan los límites máximos permitidos, la principal contaminación del río es microbiológica, ya que los conteos de coliformes totales y fecales dieron resultados extremadamente altos y la bacteria *Escherichia coli* que es el indicador más confiable de contaminación por heces fecales, se encuentra presente en todos los puntos de muestreo.
6. Tanto para el análisis químico, como para el análisis microbiológico, se observaron variaciones en cuanto a los resultados para cada punto de muestreo, esto puede explicarse por el hecho de que constantemente se vierten desechos al río en todo su recorrido y el caudal del mismo hace que en un momento dado los compuestos contaminantes se diluyan. Los resultados obtenidos son válidos para los puntos específicos en el momento en que se tomaron las muestras, ya que el sistema es altamente dinámico.
7. En cuanto a la población de los municipios estudiados durante esta investigación, hay conciencia del estado de contaminación del río y se siente la necesidad de hacer algo para rescatarlo, pero hace falta más educación para evitar que los vecinos viertan sus desechos sólidos y aguas negras directamente al río. Hay un desconocimiento generalizado respecto de la inocuidad de alimentos, ya que un buen porcentaje de la población, considera que el agua que reconocen como muy contaminada puede ser utilizada con fines agrícolas.

9. RECOMENDACIONES

1. Que la autoridad rectora en materia ambiental coordine las acciones, a efecto de que las autoridades municipales de Tactic, Santa Cruz, San Cristóbal y Cobán planteen un proyecto mancomunado de rescate del río Cahabón, proponiéndose dar el tratamiento adecuado a sus drenajes municipales y desechos sólidos; con participación comunitaria en la búsqueda de lograr la pureza del agua con fines de uso doméstico
2. Hacer con carácter urgente un análisis de las aguas de uso doméstico, para determinar posible contaminación con plomo procedente de tuberías metálicas de las redes de distribución de agua potable, ya que es un contaminante que afecta directamente la salud de las personas y particularmente de niños, quienes son más vulnerables.
3. Que las municipalidades involucradas hagan un estudio durante la época seca, evaluando diferentes profundidades y posiciones con respecto del ancho del río para la toma de muestras, con el fin de determinar la concentración de contaminantes bajo diferentes condiciones de caudal, aireación y desfogue de drenajes.
4. Por parte del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARN), las municipalidades y otras instituciones relacionadas, hacer una campaña de educación tanto a la población urbana como rural para evitar que se viertan desechos sólidos y aguas negras directamente al río.
5. Que el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), y las instituciones relacionadas, hagan cumplir la ley de inocuidad de alimentos, a efecto de que no se utilicen las aguas contaminadas del río con fines agrícolas.

10. BIBLIOGRAFÍA

Asamblea Nacional Constituyente. *Constitución Política de la República de Guatemala*. Guatemala, Ediciones Ayala y Jiménez Sucesores, 2004

Baird, C; Seymour, R. B & E. Charles. 2001. *Química ambiental*. Editorial Reverté S. A. 622 p. Books.google.com.gt/books?isbn

Barrick. ¿ 2007. Usos y aplicaciones del cianuro. www.barrick.cl/usos%20. (01 de Agosto de 2009)

Bran Solares, Edgar. *Elaboración de la línea base para la calidad de agua de la parte occidental de la cuenca del río Cahabón*. Tesis Ing. Geol. Alta Verapaz, Usac/Cunor, 2003.

Colom de Morán, Elisa. *Estudio de los cambios legales en el marco de la privatización del agua en Guatemala*. 2005 www.brot-fuer-die-welt.de (Consultado abril de 2006)

Congreso de la República de Guatemala, *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente*. Decreto No. 68-86. Guatemala, Ediciones Arriola, 2007.

_____. *Código de Salud*. Decreto No. 90-97 Guatemala. Ediciones Arriola, 1997.

Contaminación de agua subterránea. www.mmc.igeofcu.unam.mx. (9 de junio de 2009)

Contaminación del agua. Código ISPN de la publicación: EypkEulFZUYEZigt publicado 06/08/03 (6 de agosto 2008)

Contaminación del agua. Html.rincondelvago.com/contaminacióndelagua.
(09 de junio de 2009)

Contaminación del agua y su potabilización.
www.electricosresente.cl/contenidos/materias. (23 de julio de 2009)

Contaminación de ríos y lagos.
www.esi.unav.es/asignaturas/ecología/Hipertexto/11CAgu/130RíoLa.htm
(16 febrero de 2006)

Contaminación por detergentes. Eutrofización. www.sagan.gea.org
(4 de Agosto de 2009)

Contaminación por metales. www.sagan-gea.org/hojared_AGUA.
(2 de junio de 2009).

Desarrollo sostenible. Cromo. www.ecogenesis.com.ar/tecnologias/cromo.
(9 de junio de 2009.)

El agua. www.elergonomista.com/alimentos/el_agua (9 de junio de 2009)

Environmental Protection Agency. *Información básica sobre el plomo en agua potable.* www.epa.gov/ogwdw/agua/plomo (2 de junio de 2009)

Fertilizantes de fosfato y la contaminación de aguas.
www.ext.colostate.edu/ptlk (22 de Agosto de 2009).

Fuentes Yague, J. L. y J. Cruz Roche. *Curso elemental de riego.*
Madrid, Esp.: Ministerio de Agricultura, 1982.

INE (Instituto Nacional de Estadística, GT.) 2009. www.ine.gob.gt (30 de Abril 2009)

Jiménez Cisneros, B. E. *La contaminación ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada.* México: Limusa, 1998.

MARN (Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Gt.) *Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos*; Acuerdo gubernativo 236-2006. Guatemala., 2006.

Paulsen, S. y W. Koch. *Die marine Keride in tielen der Alta Verapaz Ander Baja Verapaz, Guatemala* .Alemania, Geologische Jahrbuch., 1980.

Plomo. www.healthyhommespartnership.net. (16 de Junio de 2009)

Population Reports. *El problema de la contaminación*.
www.onfoforhealth.org/pr/prs/sm14/sm14chap4l.shtml (31 DE Enero De 2 006)

Prando, Raúl R. *Manual de gestión ambiental*. Guatemala: Editorial Piedra Santa, 1 996.

Programa Regional de Medio Ambiente para Centro America Capacitación y determinación de indicadores ambientales municipales (IAM) para técnicos de las municipalidades de Cobán y Santa Cruz del Quiché y de las delegaciones del Ministerio del Ambiente y recursos Naturales de los departamentos de Alta Verapaz y Quiché. Alta Verapaz, GT. MARN-PREMACA, EMBAJADA REAL DE DINAMARCA. 2008.

PVEM Medicina No 74 esq. AV Copilco-Universidad, Deleg., Coyoacán- C.P. 04360- México D.F. www.pvem.org.mx/contamin_rio.htm. (31 de enero de 2006)

Ramirez Paran, A. *Norma de Aguas Residuales*. Prensa Libre. 2 de marzo de 2006

Thorne, D. W. y Peterson, I. B. *Técnica del riego: Fertilidad y explotación de los suelos*. México: CECSA, 1980.

Tipos de contaminación. www.sagan-geo.org/hojared_agua. (9 de junio de 2009)

Tratamiento de aguas residuales domésticas.
www.uc.cl/quimica/agua/tratamiento.htm. 1 de noviembre de 2006

11. ANEXOS

ANEXO 1

(Boleta de encuesta)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

A continuación se le presenta una serie de preguntas con el objeto de conocer su opinión sobre la contaminación de que es objeto el río Cahabón. No es necesario que indique su nombre. Algunas preguntas pueden tener más de una respuesta.

Municipio: (encuestados)

Tactic	11
San Cristóbal	8
Santa Cruz	19
Cobán	62
Total	100

1. Considera usted que el río Cahabón reúne las condiciones para ser usado para:

Consumo humano	0
Consumo animal	22
Recreación (nadar)	7
Riego de cultivos	43
Lavado de autos	38
Beneficiar café u otros cultivos	29

2. ¿Considera usted que el río Cahabón está contaminado?

Nada	0
Poco	14
Mucho	31
Muy contaminado	50

3. ¿Qué tipo de contaminantes cree usted que afectan al río?

Orgánicos	55
Químicos	76
Industriales	41
Radiactivos	7

4. ¿Cuáles cree usted que son las principales fuentes de contaminación?

Drenajes domésticos	84
Desechos sólidos (basura)	77
Actividad ganadera	7
Actividad agrícola	12
Desechos de fábricas	26
Otros (Especifique)	0

5. Tomando en cuenta el grado de contaminación actual del río, ¿Cree usted que es posible descontaminarlo y darle algún tipo de uso?

No, es imposible	7
Es posible pero muy costoso	58
Es posible y relativamente fácil	0
Difícil, pero posible	41

6. ¿Cree usted que es importante el rescate del río Cahabón?

No, no es importante	0
Sí pero no es necesario	0
Es importante y necesario	100

7. ¿Si usted considera necesario rescatar el río Cahabón, ¿Qué institución cree que debería coordinar un proyecto de rescate del río?

La municipalidad	65
El gobierno central	55
La Universidad	10
Una ONG	12
Un comité de vecinos	17

8. ¿Sabe usted a dónde se vierten las aguas negras del municipio?

Si	67
No	33

9. ¿Considera usted que las aguas negras del municipio reciben un tratamiento adecuado?

Si	4
No	72
No sé	24

10. ¿Conoce usted el lugar donde se deposita la basura del municipio?

Si	91
No	9

11. ¿Considera usted que el basurero está ubicado en un buen sitio?

Si	2
No	79
No sé	19

12. ¿Cree usted que la basura del municipio recibe un tratamiento adecuado?

Si	0
No	88
No sé	12

REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA

FECHA 18-May-09	PROCEDENCIA Río Cahabón	MUESTRA No. 1
--------------------	----------------------------	------------------

ANALISIS REALIZADO
Determinación y cuantificación de coliformes totales y fecales Determinación de presencia de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococcus</i> sp.

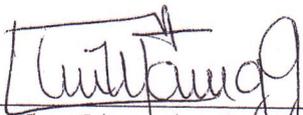
FACTOR DE DILUCIÓN	COLIFORMES TOTALES									COLIFORMES FECALES								
	10^{-1}			10^{-2}			10^{-3}			10^{-1}			10^{-2}			10^{-3}		
24hrs.	+	+	0	+	0	0	0	0	0	+	+	0	+	0	0	0	0	0
48hrs.	+	+	0	+	0	0	0	0	0	+	+	0	+	0	0	0	0	0
	2			1			0			2			1			0		

RESULTADO	1,500 NMP/100mL	1,500 NMP/100mL
VALOR REFERENCIA	OMS (50-5,000 NMP/100mL)*	

<i>Escherichia coli</i>	<u>Positiva</u>
<i>Enterococcus</i> sp.	<u>Negativa</u>

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

* De acuerdo a la Norma para la calidad de las fuentes de agua de la OMS, el agua de esta muestra posee una calidad bacteriológica que precisa de la aplicación de métodos de tratamiento tales como coagulación, filtración y desinfección.


 Licda. Ana Margarita García Sánchez
 Química Bióloga

REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA

FECHA
18-May-09

PROCEDENCIA
Río Cahabón

MUESTRA No.
2

ANALISIS REALIZADO
Determinación y cuantificación de coliformes totales y fecales Determinación de presencia de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococcus</i> sp.

COLIFORMES TOTALES

COLIFORMES FECALES

FACTOR DE DILUCIÓN
24hrs.
48hrs.

10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³		
+	+	+	+	+	+	+	+	0
+	+	+	+	+	+	+	+	0
3			3			2		

10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³		
+	+	+	+	+	+	0	0	0
3			3			0		

RESULTADO
VALOR REFERENCIA

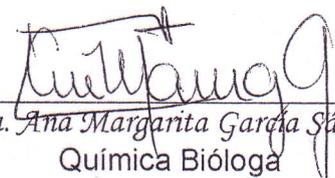
1,100,000 NMP/100mL	24,000 NMP/100mL
OMS (Mayor de 50,000 NMP/100mL)*	

Escherichia coli
Enterococcus sp.

Positiva
Negativa

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

* De acuerdo a la Norma para la calidad de las fuentes de agua de la OMS, el agua de esta muestra posee una contaminación muy intensa, que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales.


 Licda. Ana Margarita García Sánchez
 Química Bióloga

REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA

FECHA
18-May-09

PROCEDENCIA
Río Cahabón

MUESTRA No.
3

ANALISIS REALIZADO
Determinación y cuantificación de coliformes totales y fecales
Determinación de presencia de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococcus</i> sp.

COLIFORMES TOTALES

COLIFORMES FECALES

FACTOR DE DILUCIÓN
24hrs.
48hrs.

10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³		
+	+	+	+	+	+	+	+	0
+	+	+	+	+	+	+	+	0
3			3			2		

10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³		
+	+	+	+	+	+	+	+	0
+	+	+	+	+	+	+	+	0
3			3			2		

RESULTADO
VALOR REFERENCIA

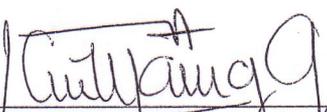
1,100,000 NMP/100mL	1,100,000 NMP/100mL
OMS (Mayor de 50,000 NMP/100mL)*	

Escherichia coli
Enterococcus sp.

Positiva
Positiva

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

* De acuerdo a la Norma para la calidad de las fuentes de agua de la OMS, el agua de esta muestra posee una contaminación muy intensa, que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales.


 Licda. Ana Margarita García Sánchez
 Química Bióloga

REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA

FECHA
18-May-09

PROCEDENCIA
Río Cahabón

MUESTRA No.
4

ANALISIS REALIZADO
Determinación y cuantificación de coliformes totales y fecales Determinación de presencia de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococcus</i> sp.

FACTOR DE DILUCIÓN	COLIFORMES TOTALES									COLIFORMES FECALES								
	10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³			10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³		
24hrs.	+	+	+	+	+	0	+	0	0	+	+	+	+	0	0	+	+	0
48hrs.	+	+	+	+	+	0	+	0	0									
	3			2			1			3			1			2		

RESULTADO
VALOR REFERENCIA

150,000 NMP/100mL

120,000 NMP/100mL

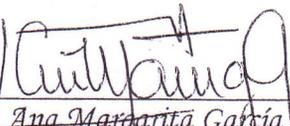
OMS (Mayor de 50,000 NMP/100mL)*

Escherichia coli
Enterococcus sp.

Positiva
Positiva

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

* De acuerdo a la Norma para la calidad de las fuentes de agua de la OMS, el agua de esta muestra posee una contaminación muy intensa, que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales.


 Licda. Ana Margarita García Sánchez
 Química Bióloga

REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA

FECHA
18-May-09

PROCEDENCIA
Río Cahabón

MUESTRA No.
5

ANALISIS REALIZADO
Determinación y cuantificación de coliformes totales y fecales Determinación de presencia de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococcus</i> sp.

FACTOR DE DILUCIÓN	COLIFORMES TOTALES									COLIFORMES FECALES								
	10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³			10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³		
24hrs.	+	+	+	0	0	0	+	0	0	+	+	0	+	+	0	+	0	0
48hrs.	+	+	+	0	0	0	+	0	0									
	3			0			1			2			2			1		

RESULTADO
VALOR REFERENCIA

39,000 NMP/100mL **28,000 NMP/100mL**

 OMS (5,000-50,000 NMP/100mL)*

Escherichia coli **Positiva**
Enterococcus sp. **Positiva**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

* De acuerdo a la Norma para la calidad de las fuentes de agua de la OMS, el agua de esta muestra posee una contaminación intensa, que requiere de tratamientos especiales activos.


 Licda. Ana Margarita García Sánchez
 Química Bióloga

REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA

FECHA
18-May-09

PROCEDENCIA
Río Cahabón

MUESTRA No.
6

ANALISIS REALIZADO
Determinación y cuantificación de coliformes totales y fecales Determinación de presencia de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococcus</i> sp.

FACTOR DE DILUCIÓN	COLIFORMES TOTALES									COLIFORMES FECALES											
	10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³			10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³					
24hrs.	+	+	0	+	0	0	+	0	0	+	0	0	+	0	0	+	+	0	0	0	0
48hrs.	+	+	0	+	0	0	+	0	0	+	0	0									
	2			1			1			1			2			0					

RESULTADO
VALOR REFERENCIA

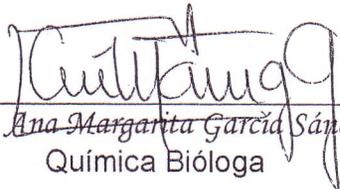
19,000 NMP/100mL 1,100 NMP/100mL
OMS (5,000-50,000 NMP/100mL)*

Escherichia coli
Enterococcus sp.

Positiva
Positiva

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

* De acuerdo a la Norma para la calidad de las fuentes de agua de la OMS, el agua de esta muestra posee una contaminación intensa, que requiere de tratamientos especiales activos.


Licda. Ana Margarita García Sánchez
Química Bióloga

REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA

FECHA
18-May-09

PROCEDENCIA
Río Cahabón

MUESTRA No.
7

ANALISIS REALIZADO
Determinación y cuantificación de coliformes totales y fecales Determinación de presencia de <i>Escherichia coli</i> y <i>Enterococcus</i> sp.

FACTOR DE DILUCIÓN	COLIFORMES TOTALES									COLIFORMES FECALES								
	10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³			10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³		
24hrs.	+	+	0	+	0	0	0	0	0	+	+	0	+	0	0	0	0	0
48hrs.	+	+	0	+	0	0	0	0	0									
	3			3			3			3			3			3		

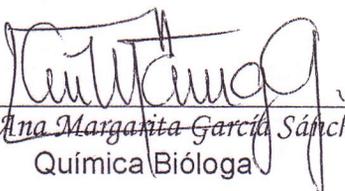
RESULTADO
VALOR REFERENCIA

2,400,000 NMP/100mL 2,400,000 NMP/100mL
OMS (Mayor de 50,000 NMP/100mL)*

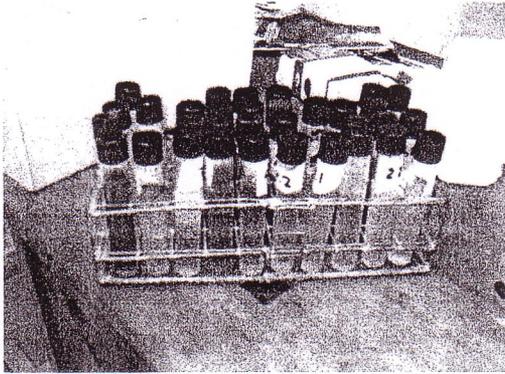
Escherichia coli **Positiva**
Enterococcus sp. **Negativa**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

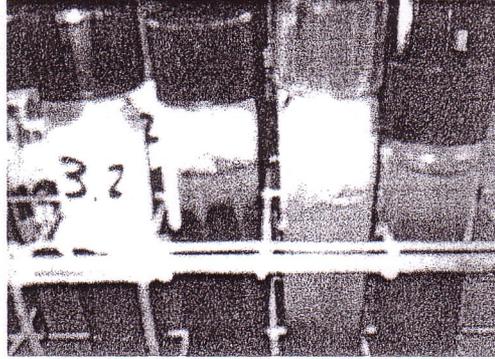
* De acuerdo a la Norma para la calidad de las fuentes de agua de la OMS, el agua de esta muestra posee una contaminación muy intensa, que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales.


Licda. Ana Margarita García Sánchez
Química Bióloga

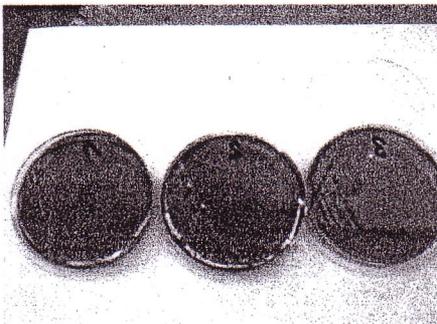
Determinación de Coliformes totales



Determinación de Coliformes fecales
Medio Bilis Verde Brillante (BRILA)
Método Número Más Probable (NMP)



Muestra 1 y 2 con presencia de
Escherichia coli



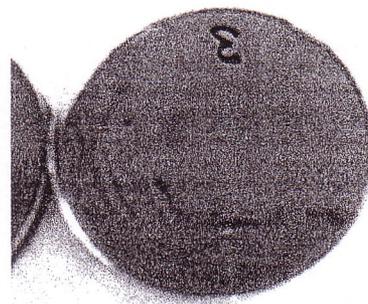
Identificación de coliformes fecales
Muestra No. 1
El color verde metálico indica la presencia
de *Escherichia coli*



Identificación de coliformes fecales
Muestra No. 2



Identificación de coliformes fecales
Muestra No. 3



Identificación de coliformes fecales
Muestra No. 4



Identificación de coliformes fecales
Muestra No. 5



Identificación de coliformes fecales
Muestra No. 6



Identificación de coliformes fecales
Muestra No. 7



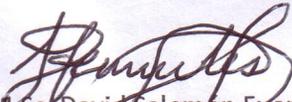
IMPRIMASE



Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo
DECANO



Arq. PhD Mario Francisco Ceballos Espigares
DIRECTOR ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



Ing. Agr. M.Sc. David Salomon Fuentes Guillermo
ASESOR



Ing. Agr. Rodolfo Antonio Reyes Villatoro
SUSTENTANTE

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"