

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN  
PROGRAMA UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN EN ESTUDIOS DE  
COYUNTURA**



**“CONTAMINACIÓN DEL RÍO MOTAGUA”**

**Oficina de Estudios de Coyuntura**

**ELABORADO POR:  
LIC. LUIS ROBERTO DE LÉON FAJARDO**

**Guatemala, agosto de 2003**

**“ANÁLISIS DE CONTAMINACIÓN DE PECES EN EL RÍO  
MOTAGUA (CONTAMINACIÓN DE PECES Y LESIONES  
GASTROINTESTINALES Y DERMATOLÓGICAS)”.**

**Presentado por el consultor:  
Roberto de León**

**Guatemala, junio del 2,003.**

**INDICE**

<b>No.</b>		<b>Página</b>
<b>1.</b>	<b>Resumen ejecutivo</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>Introducción</b>	<b>8</b>
2.1	Antecedentes del proyecto	8
2.2	Generalidades sobre el Río Motagua	9
2.2.1	Descripción del río y su cuenca	9
2.2.2	Fauna acuática del río	11
2.2.3	Usos actuales del río	11
2.2.4	Fuentes de contaminación del río	11
2.2.5	Características físicas y químicas del agua del Río Motagua	13
2.3	Hidroeléctrica Río Las Vacas	14
2.3.1	Descripción de las instalaciones	15
2.3.2	Manejo de los sedimentos	16
<b>3.</b>	<b>Análisis de la contaminación del Río Motagua</b>	<b>18</b>
3.1	Componente ambiental	18
3.1.1	Ubicación y descripción de los sitios de muestreo de los peces.	18
3.1.1.1	Estación El Rancho	18
3.1.1.2	Estación El Júcaro	19
3.1.1.3	Estación Río Hondo	20
3.1.1.4	Estación Gualán	21
3.1.1.5	Estación Morales	22
3.1.2	Descripción de la metodología utilizada en la captura	23
3.1.3	Análisis químicos y microbiológicos en los peces	23
3.1.4	Interpretación de los resultados obtenidos en el componente ambiental	25
3.2	Componente de salud	27
3.2.1	Enfermedades gastrointestinales por ingesta de agua contaminada	27
3.2.2	Patrón epidemiológico de enfermedades gastrointestinales en los municipios adyacentes al Río Motagua, de los departamentos de El Progreso, Zacapa e Izabal	29
3.2.2.1	Prevalencia de vómitos y diarreas	30
3.2.2.2	Incidencia de vómitos y diarreas.	32
3.2.3	Patrón epidemiológico de enfermedades de la piel en los municipios adyacentes al Río Motagua, de los departamentos de El Progreso, Zacapa e Izabal.	32
3.2.4	Propuesta de la Universidad de San Carlos de Guatemala para mejorar la medicina preventiva de enfermedades crónicas originadas por la contaminación del río.	33

<b>4</b>	<b>Tratamiento de las aguas contaminadas</b>	35
4.1	Descripción de los medios actuales de tratamiento de la Hidroeléctrica Río Las Vacas	35
4.2	Propuesta de la Universidad de San Carlos de Guatemala ante el problema, para contribuir a la disminución de la contaminación de peces y al tratamiento de las aguas contaminadas	39
4.2.1	Consideraciones sobre la operación de la Hidroeléctrica	39
4.2.2	Propuesta de la Universidad de San Carlos para mitigar el problema de la contaminación del Río Motagua y de su fauna acuática	40
<b>5</b>	<b>Bibliografía</b>	43
<b>6</b>	<b>Anexos</b>	44
Anexo 1	Características promedio físicas y químicas del Río Motagua y de los ríos de Guatemala	45
Anexo 2	Informe de laboratorio de los análisis de metales pesados en muestras de peces capturados en cinco estaciones de muestreo	49
Anexo 3	Informes de laboratorio de los análisis microbiológicos de muestras de peces capturados en cinco estaciones de muestreo	50
Anexo 4	Morbilidad de enfermedades gastrointestinales y de la piel en los cinco municipios seleccionados	51
Anexo 5	Graficas de las prevalencias e incidencias de enfermedades gastrointestinales y de la piel para los cinco centros de salud encuestados	55
Anexo 6	Fotografías tomadas en las diferentes estaciones de muestreo	56

### Lista de cuadros

**Cuadro 2.1:** Comparación entre los intervalos de algunas características físicas y químicas de las aguas del Río Motagua con las de los ríos de Guatemala. (Período: febrero – octubre 2,002).

**Cuadro 3.1:** Resultados de las determinaciones de metales pesados en muestras de tejidos de Pepescas (*Astianax fasciatus*) tomadas en cinco estaciones sobre el Río Motagua.

**Cuadro 3.2:** Resultados de los análisis microbiológicos en muestras de tejidos de Pepescas (*Astianax fasciatus*) tomadas en cinco estaciones sobre el Río Motagua.

**Cuadro 3.3:** Agentes infecciosos que pueden encontrarse en aguas contaminadas.

**Cuadro 4.1:** Promedios de los datos del monitoreo ambiental realizado por la Hidroeléctrica durante el período febrero – abril del 2,003.

**Cuadro 4.2:** Algunas características físicas y químicas del agua del río “Las Vacas” en diferentes sitios de la Hidroeléctrica (período de muestreo: 20 de marzo al 3 de abril del 2,003).

**Cuadro 6.1:** Características físicas y químicas del Río Motagua (período febrero a octubre del 2,002).

**Cuadro 6.2:** Intervalo de las características físicas y químicas de las aguas de los ríos de Guatemala (período febrero a octubre 2,002).

**Cuadro 6.3:** Morbilidad de enfermedades gastrointestinales y de la piel (expresada como número de casos y porcentajes de población).

### **Lista de gráficas**

**Gráfica 5.1:** El Júcaro. Enfermedades gastrointestinales.

**Gráfica 5.2:** El Júcaro. Enfermedades de la piel.

**Gráfica 5.3:** San Agustín Acasaguastlán. Enfermedades gastrointestinales.

**Gráfica 5.4:** San Agustín Acasaguastlán. Enfermedades de la piel.

**Gráfica 5.5:** Río Hondo. Enfermedades gastrointestinales.

**Gráfica 5.6:** Río Hondo. Enfermedades de la piel.

**Gráfica 5.7:** Gualán. Enfermedades gastrointestinales.

**Gráfica 5.8:** Gualán. Enfermedades de la piel.

**Gráfica 5.9:** Morales. Enfermedades gastrointestinales.

**Gráfica 5.10:** Morales. Enfermedades de la piel.

### **Lista de figuras**

**Figura 2.1:** Localización de la cuenca del Río Motagua

**Figura 2.2:** Municipios de la cuenca del Río Motagua hasta la estación “Puente Orellana”

**Figura 2.3:** Esquema de la hidroeléctrica Río Las Vacas, S.A.

**Figura 2.4:** Borda de contención para atrapar material flotante.

**Figura 2.5:** Fosa impermeable para la disposición de sedimentos del embalse.

**Figura 2.6:** Trabajos de construcción de la planta para el aprovechamiento de artículos plásticos.

**Figura 6.1:** Vista de la toma de muestras de peces en la estación de muestreo El Rancho.

**Figura 6.2:** Vista de los pescados capturados en la estación El Rancho.

**Figura 6.3:** Vista de la toma de muestras de peces en la estación de muestreo El Jicaro.

**Figura 6.4:** Vista de la muestra de los pescados capturados en la estación El Jicaro.

**Figura 6.5:** Vista de la captura de peces con atarraya en la estación Río Hondo.

**Figura 6.6:** Vista de uno de los ejemplares capturados en la estación Río Hondo.

**Figura 6.7:** Asentamientos humanos en la ribera del río en la población de Gualán.

**Figura 6.8:** Vista de la muestra de pescados capturados en la estación Gualán.

**Figura 6.9:** Vista de la captura de peces y del entorno circundante en la estación Morales.

**Figura 6.10:** Vista de la variedad de pescados capturados en la estación Morales.

**Figura 6.11:** Vista desde el puente Motagua, en dirección noroeste, de la ribera del Río Motagua.

**Figura 6.12:** Vista desde el puente Motagua, en dirección suroeste, de la ribera del Río Motagua.

## **1. RESUMEN EJECUTIVO**

El presente estudio tenía por objeto evaluar la influencia de la contaminación del Río Motagua, en la salud de los habitantes de las poblaciones asentadas en sus riberas y en la fauna acuática. Las descargas de aguas servidas sin tratar de las poblaciones asentadas en su cuenca son las principales responsables de la contaminación del río.

Para medir los niveles de contaminación con metales pesados y bacterias patógenas en los peces del río, se realizó un muestreo y posterior análisis de los especímenes capturados en cinco puntos del cauce del Motagua, en los alrededores de cinco municipios: El Rancho y El Júcaro en el departamento de El Progreso, Río Hondo y Gualán en el departamento de Zacapa, y Morales en el departamento de Izabal. Para evaluar el impacto de la contaminación del río sobre la salud de los moradores de las riberas, se recolectaron datos sobre los casos de lesiones gastrointestinales y enfermedades de la piel en los centros de salud de los sitios antes mencionados, para los años 2001, 2002 y 2003.

En los meses de febrero del 2002 y enero del 2003, los niveles de contaminación del Río Motagua sufrieron un drástico aumento a causa de las descargas anuales de los sólidos acumulados en el embalse de la “Hidroeléctrica Las Vacas”, con la consiguiente alarma de salud entre las comunidades afectadas. Con el fin de evaluar el grado de responsabilidad de la empresa en la contaminación del Motagua, se visitaron sus instalaciones y se revisaron los informes de los monitoreos realizados.

De la información obtenida de los análisis químicos y microbiológicos de los peces capturados, y de las estadísticas obtenidas de los reportes mensuales de los centros de salud de las poblaciones seleccionadas, se concluyó que:

- Los peces capturados presentaron contaminación por bacterias fecales y plomo, por lo que su consumo representa un riesgo para la salud humana.
- Las estadísticas mensuales de los centros de salud no mostraron un efecto significativo en el aumento de enfermedades gastrointestinales y de la piel, durante los eventos de contaminación causados por las descargas de fondo del embalse de la Hidroeléctrica.
- La operación normal de la Hidroeléctrica no causa ninguna contaminación al río Las Vacas, por el contrario, en su embalse se retira material flotante y sedimentan los sólidos en suspensión, los cuales son evacuados constantemente, mejorando así la calidad del agua. Sin embargo, la purga anual de los sólidos acumulados en el embalse elevan los niveles de contaminación del Motagua afectando principalmente su fauna acuática. Para disminuir la cantidad de sólidos descargados anualmente durante las operaciones de mantenimiento del embalse, la Hidroeléctrica está instalando una draga que evacuará la materia sólida sedimentada y la depositará en un sitio diseñado especialmente para el efecto.
- La única solución viable para abatir la contaminación del Río Motagua, la constituye la construcción de sistemas de tratamiento de aguas servidas domésticas e industriales y el correcto manejo de los desechos sólidos que generan las poblaciones asentadas en su cuenca.

El estudio incluye las recomendaciones de la Universidad de San Carlos para minimizar el problema de salud de los moradores de las riberas del río y la reducción de la contaminación de sus aguas.



## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1 Antecedentes del proyecto**

Uno de los principales problemas ambientales en el ámbito nacional lo constituye la contaminación de los ríos, y tanto en los meses de febrero del 2,002, como en enero del 2,003, ocurrió un problema serio de contaminación del Río Motagua por la descarga de sedimentos de la “Hidroeléctrica Río Las Vacas” (en adelante denominada la Hidroeléctrica), como resultado de su programa de mantenimiento. La Universidad de San Carlos de Guatemala (en adelante denominada USAC), preocupada por los efectos dañinos que pudiesen haber causado las descargas anuales de sedimentos de la Hidroeléctrica, y su impacto en los asentamientos humanos localizados en las orillas del Motagua, así como la población de peces de sus aguas, decidió realizar un estudio para evaluar el daño ocurrido. La Dirección General de Investigación (**DIGI**) de la **USAC**, cuenta con un Programa Universitario de Estudios de Coyuntura. Dentro de las acciones planificadas en la DIGI para el 2,003, se consideró la importancia de llevar a cabo un estudio sobre “Análisis de la contaminación de peces en el Río Motagua (contaminación de peces y lesiones gastrointestinales y dermatológicas)”, y proponer medidas correctivas.

Para el efecto, el 10 de marzo del 2,003, la DIGI contrató al consultor Luis Roberto de León Fajardo para la elaboración de dicho estudio. Las condiciones de contratación incluían que el consultor tuviese experiencia en el tema y que no tuviese vínculos laborales con la Universidad.

## **2.2 Generalidades sobre el Río Motagua**

### **2.2.1 Descripción del río y su cuenca**

El Río Motagua es el cauce principal de la cuenca del mismo nombre, la cual tiene un área de 12,719 km<sup>2</sup> y ocupa alrededor del 8.5% del total del país, extendiéndose de occidente a oriente; esta cuenca es considerada una de las más grandes del país. La longitud del curso del río se estima en unos 400 kilómetros (ver Figura 2.1).

Desde su nacimiento en el municipio de Chiché, ubicado en el altiplano del departamento de Quiché, el Río Motagua tiene un descenso de casi dos mil metros en una distancia aproximada de 190 kilómetros en su curso general hacia el noreste hasta Gualán. A partir de este punto, su curso es más lento y sus aguas son más profundas, y se ensancha a medida que avanza hacia el mar. La pendiente promedio del cauce principal es de 0.51%.

La profundidad del río desde Gualán hasta su desembocadura, se ha estimado entre 2 y 5 metros y su anchura media en unos 60 metros, que aumentan hasta 200 metros en su salida al mar. Hay que señalar que el asolvamiento ha producido enormes bancos de arena a lo largo de su cauce.

La precipitación media anual en la cuenca varía de menos de 1,000 mm a más de 3,000 mm. En un período de 14 años completos, de julio de 1,969 hasta abril de 1,986, los promedios anuales de los caudales del río, medidos en la estaciones del INSIVUMEH “Puente Orellana” y “Morales”, fueron de 74.55 m<sup>3</sup>/s y 200.93 m<sup>3</sup>/s.

Los cultivos dominantes dentro del área son: banano, maíz y frijol. La producción minera se caracteriza por las explotaciones de manganeso, cromo, mármol, fluorita, oro, cristal de roca, asbesto, plata, hierro y zinc.

Las tierras de vocación forestal con cubierta arbórea dentro de la cuenca tienen un área de 2,545 km<sup>2</sup>, y aquellas con bosques asociados a otros usos suman 5,970 km<sup>2</sup>.

En cuanto a la capacidad agrícola del área de la cuenca, los suelos superficiales tienen una profundidad de 25 cm, con pendientes que varían de 32 a 45%, lo que favorece la alta susceptibilidad a la erosión, principalmente cuando se asocia a cultivos anuales. La estructura del suelo es de bloques subangulares, la textura dominante del suelo es franca y franca arcillosa y su consistencia de suave a friable en seco, y friable a ligeramente dura en condiciones de humedad. El drenaje superficial es rápido debido a las pendientes, su drenaje interno es normal, el grado de erosión va de moderado a alto con gran susceptibilidad a la misma. Son terrenos no aptos para cultivos anuales, pero utilizables para vegetación permanente; debido a las limitaciones en la vocación de los suelos, su uso es adecuado mediante prácticas intensivas de conservación.

Geológicamente, el 36% del área es material de la era paleozoica, rocas metamórficas sin dividir, filitas, esquistos cloríticos y graníferos, esquistos y gneisses de cuarzo, mica, feldespatos, mármol y migrititas. El 22% del área está compuesta de material del período terciario consistente en rocas volcánicas sin dividir, predominantemente mio-plioceno el cual incluye tobas, coladas de lava, material lahárico y sedimentos volcánicos. Luego, el 16% del área lo constituye material geológico de aluviones del período cuaternario, y en menor porcentaje se encuentra material geológico de rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso del mismo período. La cuenca del Motagua es la única donde existen yacimientos de jadeita, que explotaron las antiguas civilizaciones que poblaron estas áreas.

### **2.2.2 Fauna acuática del río**

En la porción del cauce del río comprendida entre las poblaciones de El Rancho hasta Gualán, se encontró durante el muestreo realizado en este estudio, que las especies de peces más abundantes fueron primordialmente pequeños especímenes de pepescas (*Astianax fasciatus*) y butes (*Poecilliopsis sp*). En menor proporción se encontraron peces de las especies juilín (*Rhamdia sp*), tilapia (*Oreochromis sp*) y roncador.

En la porción del cauce localizada en los alrededores de la población de Morales, se encontró una buena cantidad de pepescas (*Astianax fasciatus*), algunos ejemplares de tilapia (*Oreochromis sp*), chumbimbas (*Cichlasoma maculicauda*), machacas (*Brycon sp*), mojarra y guapotes (*Cichlasoma sp*).

### **2.2.3 Usos actuales del río**

Parte del caudal del río es utilizado para riego agrícola. Sin embargo, sus aguas actúan como cuerpo receptor de las aguas servidas de las comunidades situadas en la cuenca y subcuencas del Motagua, incluyendo parte de la Ciudad de Guatemala. El hecho de ser receptor tiene relevancia por su papel en el transporte de contaminantes hacia las poblaciones asentadas en la parte baja del cauce del río y sobre los recursos ictiológicos del mismo.

### **2.2.4 Fuentes de contaminación del río**

La cuenca del Río Motagua comprende parte de los departamentos de Quiché, Totonicapán, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Baja Verapaz, El Progreso, Jalapa, Zacapa e Izabal (ver Figuras 2.1 y 2.2).

Las poblaciones localizadas en la cuenca del río descargan sus aguas de origen doméstico e industrial sin ningún tipo de tratamiento en el Motagua. Durante la época lluviosa, las escorrentías de la cuenca arrastran productos agroquímicos que tienen como destino final el Motagua. Además, algunos municipios en la cuenca tienen como costumbre descargar los desechos sólidos en el río o en sus afluentes, teniendo como consecuencia que el cauce del río arrastre gran cantidad de material orgánico, productos de plástico, papeles y cartones, llantas usadas, etc.

Por otro lado, las aguas del río Las Vacas, que es uno de los tributarios del Río Motagua, están constituidas mayoritariamente por las aguas servidas de las viviendas e instalaciones industriales ubicadas en la vertiente norte del valle de La Ermita. Se estima que este caudal representa aproximadamente el 60% de los desagües de la ciudad capital y municipios aledaños. Los municipios que descargan parcial o totalmente sus aguas servidas en este río son: Chinautla, Mixco, San Pedro Sacatepéquez, San Juan Sacatepéquez, San Lucas Sacatepéquez, San Raymundo, San Pedro Ayampuc y el sector norte de la Ciudad de Guatemala.

Además de las aguas servidas de los sitios antes mencionados, el río Las Vacas recibe los desechos sólidos acumulados en los sistemas de drenajes de las aguas pluviales, la basura de algunas poblaciones de los municipios por donde fluye, arena y tierra en suspensión provenientes de las explotaciones de materiales de construcción, grandes cantidades de envases plásticos de bebidas, etc. En resumen, el río Las Vacas se ha constituido en una corriente que transporta efluentes de origen doméstico e industrial y residuos sólidos que, al confluir en el Río Motagua, durante la época de verano, elevan su nivel de contaminación en términos de la demanda biológica de oxígeno y la demanda química de oxígeno, en niveles alrededor del 2,000% con respecto a los valores que exhibe antes de llegar a este punto (ver Cuadro 4.1 en el Capítulo 4). En la época lluviosa, el río recibe cantidades similares de contaminantes, pero el caudal es mayor por lo que los parámetros que miden la contaminación tienden a disminuir.

De acuerdo a estimados de técnicos de la Hidroeléctrica, el caudal promedio del río Las Vacas durante la época seca es de 3 – 5 m<sup>3</sup>/s y durante el invierno éste se incrementa a 30 m<sup>3</sup>/s, con valores máximos hasta de 100 m<sup>3</sup>/s cuando hay una crecida.

### **2.2.5 Características físicas y químicas del agua del Río Motagua**

En el Cuadro 6.1 del Anexo 1 se presentan las características físicas y químicas de las aguas del Río Motagua medidas en la estación del INSIVUMEH “Puente Orellana” en el departamento de El Progreso, durante el período febrero-octubre del 2,002. A manera de comparación, se ha incluido en el Cuadro 6.2 del Anexo 1 los intervalos de variación de las características físicas y químicas de los ríos más importantes de Guatemala.

De los dos cuadros antes mencionados, se seleccionaron algunos parámetros del Río Motagua, tales como: contenido de sólidos totales disueltos, tensoactivos, sulfatos, demanda química de oxígeno, cianuro, plomo y cromo, y se compararon con los valores de los intervalos de estos parámetros de los ríos de Guatemala y algunos ríos que nacen en la Sierra de las Minas. En el Cuadro 2.1 que se presenta a continuación, es posible notar que en todos los parámetros, el Río Motagua tiene valores por encima del intervalo de los promedios de los ríos de Guatemala. Esto significa que, al menos a la altura del Puente Orellana, las características físicas y químicas del Motagua lo colocan entre los ríos más contaminados del país.

**Cuadro 2.1**  
**Comparación entre los intervalos de algunas características físicas y químicas de las aguas del Río Motagua con las de los ríos de Guatemala. (Período: febrero – octubre 2,002).**

<b>Parámetro</b>	<b>Intervalo Ríos de Guatemala</b>	<b>Intervalo Ríos Sierra de Las Minas</b>	<b>Intervalo Río Motagua</b>
Sólidos totales disueltos (mg/L)	94 – 297	10 – 48	108 – 317
Tensoactivos (mg/L)	0.35 – 2.43	Nd	0.63 - 6.50
Sulfatos (mg/L)	19 – 70	<4.5	21 – 191
Demanda química de oxígeno (mg/L)	13 – 122	<6 – 20	17 – 400
Plomo (mg/L)	0.163 – 0.724	<0.1 - 0.1	0.292 - 1.563
Cianuro (mg/L)	0.005 – 0.130	0.0	0.001 - 0.200
Cromo (mg/L)	0.010 – 0.424	<0.1	0.0046 - 0.985

**Nd:** no determinado.

**Fuente:** MICIVI, 2,002.

### 2.3 Hidroeléctrica Río Las Vacas

La Hidroeléctrica es una planta generadora de energía eléctrica situada en San Antonio Las Flores del municipio de Chinautla, Departamento de Guatemala. Esta empresa está diseñada para generar 40 Megawatts (MW) de electricidad, aunque inició operaciones con 20 MW. Su generación se lleva a cabo diariamente durante las horas pico de demanda (entre 18:00 a 22:00 horas). Para efectuar la generación, utiliza las aguas del río Las Vacas, el cual, como se mencionó anteriormente, constituye un desagüe de la vertiente norte del Valle de La Ermita.

La Hidroeléctrica inició operaciones a finales del año 2,001. Se escogió el río Las Vacas porque recoge las descargas líquidas de la vertiente norte de la Ciudad de Guatemala y de los municipios arriba mencionadas, garantizando un caudal importante para la época de ausencia de lluvias (entre noviembre y mayo, en esta región central del país).

### **2.3.1 Descripción de las instalaciones**

En la Figura 2.3 se presenta un esquema de la Hidroeléctrica. Ésta cuenta con una presa de concreto con una altura de 17 metros, con 75.50 metros de corona, vertedero de tipo cimacio de caída libre; el embalse formado tiene una capacidad de 213, 694 metros cúbicos.

A partir de la presa se inicia un túnel para llevar el agua a la casa de máquinas. El túnel tiene una longitud de 4,441.32 metros con un diámetro interno de 2.65 metros forrado de cemento. La tubería de alta presión tiene un diámetro que varía de 1.93 a 3.04 metros.

La casa de máquinas cuenta con 4 turbinas tipo Pelton de uso diario y dos generadores General Electric de 20 MW cada uno, distribuidas de tal forma que dos turbinas están acopladas a un generador. Además, posee una quinta turbina que está por entrar en operación y está acoplada un generador con una potencia de 5 MW y que será operado a una potencia de 1 MW fuera de las horas pico, para satisfacer necesidades internas. El caudal que pasa por las turbinas en los momentos de máxima generación (40 MW) es de 18 m<sup>3</sup>/s, y fuera de las horas pico, cuando la generación es de 1 MW es de 1 m<sup>3</sup>/s.

El banco de transformación es de 13.8/69 KV, con una línea de transmisión de 18, 542 metros que lleva un voltaje de 69 KV hasta la subestación de Ciudad Quetzal.



### 2.3.2 Manejo de los sedimentos

El río Las Vacas arrastra en su caudal importantes cantidades de materia sólida en suspensión y disuelta. La materia sólida en suspensión está constituida principalmente de artículos plásticos de todo tipo, artículos de metal mayoritariamente de hojalata, llantas usadas, materia fecal, cadáveres de animales, arena y tierra, etc. Los sistemas de transporte de agua y generación de energía eléctrica pueden dañarse si estos materiales sólidos pasan por ellos. Por consiguiente, la Hidroeléctrica ha instalado trampas para retener el material flotante (ver Figura 2.4 en el anexo 6), y la materia en suspensión sedimenta en el embalse. Personeros de esta empresa informaron que, diariamente retiran alrededor de 50 a 100 m<sup>3</sup> de sedimentos. Los sedimentos son extraídos por una flotilla de camiones desde las 22:00 horas cuando cesan de generar electricidad y el embalse está en su nivel más bajo, y son depositados dentro de la propiedad en un terreno especialmente acondicionado para este fin. Adicionalmente, la Hidroeléctrica ha adquirido una draga que evacuará los sedimentos del embalse y los conducirá a una fosa forrada con geomembrana donde los depositará (ver Figura 2.5 en el anexo 6), el agua sobrenadante fluirá hacia una quebrada y los sólidos retenidos serán dispuestos en un terreno de sacrificio.

La operación normal del embalse de la Hidroeléctrica requiere que, para su limpieza, al menos una vez al año, se lleve a cabo una descarga del material sólido sedimentado que se conoce como “**descarga de fondo**”. Esto conlleva una descarga total ó parcial del embalse, con alto caudal, para provocar la erosión de los sedimentos acumulados en el fondo. De acuerdo a información proporcionada por técnicos de la empresa, esta descarga es del orden de 30,000 m<sup>3</sup> y se realiza por tandas en un lapso de 4 – 5 días. Esta descarga súbita de sedimentos es la que ha provocado el problema de elevación de los niveles actuales de contaminación del Río Motagua.

En lo concerniente al material flotante, el cual consiste principalmente de artículos plásticos, durante el verano se extraen pequeñas cantidades, pero en invierno, en los días de lluvias copiosas pueden retirarse entre 100 – 200 m<sup>3</sup>/d. La Hidroeléctrica está instalando una planta para el aprovechamiento de los artículos plásticos (ver Figura 2.6 en el anexo 6).

### **3. ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO MOTAGUA**

#### **3.1 Componente ambiental**

El diseño del estudio comprendía el muestreo de ejemplares de peces del Río Motagua para analizar el contenido de bacterias de origen fecal en el tracto digestivo y en tejido muscular, así como su contenido de metales pesados (básicamente plomo y mercurio). El muestreo se llevó a cabo en cinco lugares a lo largo del Motagua, entre la confluencia del río con el afluente Las Vacas y la población de Morales, Izabal. Para el efecto se escogieron las siguientes poblaciones: El Rancho y El Jícaro del Departamento de El Progreso, Río Hondo y Gualán del Departamento de Zacapa y Morales en el Departamento de Izabal.

#### **3.1.1 Ubicación y descripción de los sitios de muestreo de los peces**

##### **3.1.1.1 Estación El Rancho**

###### **a) Ubicación de la estación**

La estación de muestreo se localizó en la corriente del río, en dirección este del puente Orellana que sirve de acceso a la población de El Rancho. Sus coordenadas geográficas son: Latitud 14° 55' 06 " y Longitud 90° 00' 01". En la figura 6.1 del anexo 6 se presenta una vista de la toma de muestras de peces en El Rancho.

###### **b) Descripción del entorno**

Este es un sitio con corrientes moderadas con notorio arrastre de sedimentos y basuras. No hay bosque de galería en sus riberas, solamente algunos matorrales dispersos. Hay asentamientos humanos en las márgenes y usan el agua del río para lavar ropa o dar de beber a los animales domésticos.

La gente que vive en las riberas del río acostumbra pescar ocasionalmente. A los peces capturados, una vez descamados, les extraen y desechan el tracto intestinal y luego son cocinados en aceite (fritos) para su consumo.

**c) Especies predominantes en el sitio de muestreo**

En cuanto a la captura solamente se obtuvieron especímenes pequeños compuestos por butes (*Poecilliopsis sp*) y pepescas, (*Astianax fasciatus*). La figura 6.2 en el anexo 6, muestra el tipo de ejemplares capturados.

**3.1.1.2 Estación El Jicaró**

**a) Ubicación de la estación**

La estación de muestreo se localiza en la corriente del río hacia el suroeste del puente de acceso a la población de El Jicaró, y sus coordenadas geográficas son: Latitud 14° 54' 58 " y Longitud 89° 53' 54 " .

**b) Descripción del entorno**

En este sitio, la vegetación predominante en las riberas son matorrales con escasos árboles, pero sin llegar a constituir un bosque de galería como tal. Lo que predomina en los alrededores, son terrenos con cultivos de árboles frutales como limón, naranja y mango, así como pastos. Las aguas poseen corrientes moderadas con notorio arrastre de sedimentos y basura. La población asentada en la orilla usa el agua del río para lavar ropa o dar de beber a los animales domésticos.

En este lugar la gente acostumbra pescar como distracción. Los peces pequeños los consumen cocinados.

**c) Especies predominantes en el sitio de muestreo**

En cuanto a la captura de peces se obtuvieron en mayor cantidad pepescas (*Astianax fasciatus*) y butes (*Poecilliopsis sp*). También se obtuvo un ejemplar de juilín (*Rhamdia sp*) y uno de tilapia (*Oreochromis sp*). En la figura 6.3 del anexo 6 se observa la captura de ejemplares y en la figura 6.4, una muestra de los especímenes capturados.

**3.1.1.3 Estación Río Hondo**

**a) Ubicación de la estación**

La estación de muestreo se localiza en la corriente del río hacia el noreste del puente Motagua sobre la carretera que conduce a Estanzuela y Zacapa, y sus coordenadas geográficas son: Latitud 15° 01' 57" y Longitud 89° 35' 08".

**b) Descripción del entorno**

La vegetación en las riberas está constituida por matorrales típicos de la zona de vida. No hay bosque de galería.

En el trayecto donde se hizo el muestreo hay grandes acumulaciones de arena formando playones. Esta disposición del lugar forma pequeñas pozas donde algunos aficionados a la pesca de la población de Río Hondo acostumbran pescar. En la figura 6.5 del anexo 6, se puede observar cuando el pescador se apresta a lanzar la atarraya. Se puede notar el banco de arena en el cauce del río.

En este sitio no hay uso notorio del río por parte de la población debido a la distancia entre éste y el casco urbano. El paisaje dominante son terrenos con cultivos de árboles frutales y pastos. Las corrientes son moderadas y en este punto está bastante disminuido el arrastre de sedimentos y basuras.

**c) Especies predominantes en el sitio de muestreo**

En cuanto a la captura de peces se obtuvieron en mayor cantidad pepescas (*Astianax fasciatus*), butes (*Poecilliopsis sp*) y un ejemplar de tilapia (*Oreochromis sp*). En la figura 6.6 del anexo 6 se observa un ejemplar capturado. Nótese el tamaño mayor del espécimen.

**3.1.1.4 Estación Gualán**

**a) Ubicación de la estación**

La estación de muestreo se localiza en la corriente del río hacia el noreste del puente de acceso a la población de Gualán, y sus coordenadas geográficas son: Latitud 15° 06' 57" y Longitud 89° 21' 20".

**b) Descripción del entorno**

La vegetación en la ribera noroeste está constituida por árboles de sauce dispersos y más allá de la orilla predominan los cultivos de frutales y pastos. No hay bosque de galería.

En la ribera sureste, hay casas de la población en la orilla del río, por lo que usan el agua para lavar ropa y regar plantas (ver figura 6.7 en el anexo 6). Además, la disposición de las aguas servidas y basura de las casas se realiza directamente en el río.

**c) Especies predominantes en el sitio de muestreo**

En la toma de muestra de peces se obtuvieron en mayor cantidad pepescas (*Astianax fasciatus*), algunos ejemplares de tilapia (*Oreochromis sp*) y un ejemplar de roncador (ver figura 6.8 en el anexo 6).

### **3.1.1.5 Estación Morales**

#### **a) Ubicación de la estación**

La estación de muestreo se localiza en la corriente del río en el extremo noreste del casco urbano del municipio de Morales, y sus coordenadas geográficas son: Latitud 15° 29' 05" y Longitud 88° 49' 19".

#### **b) Descripción del entorno**

La vegetación en la ribera poniente está constituida por árboles donde predominan sauces en buen estado. En el lado oriente hay asentamientos humanos a lo largo del río, y la gente hace uso del agua así como dispone sus desechos en el mismo. En la figura 6.9 del anexo 6, se puede observar al pescador durante la captura de muestras, y al fondo, el tipo de vegetación característica de la zona.

#### **c) Especies predominantes en el sitio de muestreo**

Se obtuvo una buena cantidad de pepescas (*Astianax fasciatus*), algunos ejemplares de tilapia (*Oreochromis sp*), chumbimbas (*Cichlasoma maculicauda*), machacas (*Brycon sp*), mojarra (*Cichlasoma sp*) y guapotes (*Cichlasoma sp*) (ver figura 6.10 en el anexo 6).

### **3.1.2 Descripción de la metodología utilizada en la captura**

En cada estación de muestreo se seleccionaron sitios con aguas tranquilas o remansos donde se forman pozas.

Luego, se realizaron recorridos paralelos al río, dentro de una distancia máxima de 300 metros de la estación de muestreo. Se realizaron en promedio 60 lances con atarraya por espacio de tres horas. La atarraya utilizada mide 1.50 metros de longitud y 1.0 cm de abertura (luz) de malla.

Las muestras obtenidas de peces se colocaron en bolsas plásticas debidamente identificadas y se guardaron en un recipiente con aislamiento térmico conteniendo hielo para su traslado al laboratorio de análisis.

### **3.1.3 Análisis químicos y microbiológicos en los peces**

#### **a) Análisis químicos**

La especie analizada fue pepesca (*Astianax fasciatus*), recolectada en los cinco puntos de muestreo a lo largo del Río Motagua. Los metales pesados que generalmente se investigan en el agua incluyen cromo, arsénico, cianuro, zinc, aluminio, plomo y selenio. Sin embargo, el Laboratorio Nacional de Salud del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social con sede en Bárcenas, Villa Nueva, es el único en Guatemala que realiza análisis de metales pesados en tejidos y se circunscribe únicamente a mercurio y plomo, por lo que en este estudio solo se reportan los mismos.

Los análisis fueron llevados a cabo por extracción de los metales de los tejidos de los peces, y luego cuantificados por espectrometría de absorción atómica. El informe de laboratorio se presenta en el Anexo 2.



**b) Análisis microbiológicos**

La especie predominante en las cinco estaciones de muestreo fue la pepesca (*Astianax fasciatus*). El análisis realizado fue el recuento de coliformes fecales en el tracto digestivo, y en el tejido muscular adyacente al aparato digestivo. En este caso se escogió el recuento de coliformes fecales como el mejor indicador de contaminación fecal de las aguas del Río Motagua. Las muestras obtenidas fueron analizadas por el Laboratorio “Soluciones Analíticas”. La metodología seguida es la recomendada por “American Public Health Association (APHA) en su Compendium of methods for the microbiological examination of foods, 4ª Edición, 2001”. Las muestras fueron tomadas de los peces mediante disección con bisturí estéril y suspendidas en agua de dilución tamponada para agitarse en un vaso estéril de acero inoxidable en licuadora. La suspensión resultante se diluyó para ser inoculada en tubos de medio de cultivo e incubados a 45° C. Los informes del laboratorio se presentan en el Anexo 3.

### 3.1.4 Interpretación de los resultados obtenidos en el componente ambiental

#### a) Análisis químicos

Los resultados obtenidos en las determinaciones de metales pesados en las muestras de pepescas se presentan el Cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1**

**Resultados de las determinaciones de metales pesados en muestras de tejidos de Pepescas (*Astianax fasciatus*) tomadas en cinco estaciones sobre el Río Motagua.**

Ubicación de la estación de muestreo	Análisis químico	
	Plomo (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)
Estación 1, El Rancho	0.99	0.076
Estación 2, El Jícara	1.68	0.074
Estación 3, Río Hondo	2.23	0.040
Estación 4, Gualán	3.41	0.054
Estación 5, Morales	1.22	0.048

En todas las muestras de peces se detectó la presencia de mercurio y plomo. El contenido de plomo en el tejido de los peces varió entre 0.99 a 3.41 mg/kg y el de mercurio entre 0.040 a 0.076 mg/kg. El Codex Alimentarius de la FAO para productos marinos, establece un límite para el contenido de plomo (expresado como Pb) de 0.5 mg por kilogramo de carne de pescado, y la regulación norteamericana GPC 540.600 establece para las porciones comestibles de pescado, un límite para el contenido de mercurio de 1 mg/kg (expresado como metil mercurio CH<sub>3</sub>Hg, y este compuesto contiene 93.3% de Hg). Los niveles de plomo en los peces superan el límite recomendado por el Codex Alimentarius no así los niveles de mercurio. A diferencia de la contaminación microbiológica, el cocinado a altas temperaturas no elimina los metales pesados, por lo que el consumo de los pescados obtenidos en el Río Motagua podría representar un grave riesgo para el consumidor.

## b) Análisis microbiológicos

Los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos se encuentran en el Cuadro 3.2.

**Cuadro 3.2**

**Resultados de los análisis microbiológicos en muestras de Pepescas (*Astianax fasciatus*) tomadas en cinco estaciones sobre el Río Motagua.**

Ubicación de la estación de muestreo	Análisis microbiológicos	
	Coliformes fecales en el aparato digestivo (UFC/gramo)	Coliformes fecales en tejido muscular (UFC/gramo)
El Rancho	130,000,000	29,000,000
El Júcaro	66,000,000	370,000
Río Hondo	56,000,000	19,000
Gualán	720,000	40,000
Morales	710,000	570,000

**UFC:** Unidades formadoras de colonia.

Todas las muestras obtenidas en las cinco estaciones de muestreo presentaron contaminación por bacterias fecales en el tracto digestivo y en el tejido muscular adyacente. Las cantidades parecen reflejar un mayor contenido de contaminación fecal a la altura de El Rancho y que va disminuyendo paulatinamente a medida que el río se acerca a su desembocadura en el mar. Desde el punto de vista microbiológico, el consumo de este pescado no es conveniente a menos que se cocine a temperaturas altas y por suficiente tiempo para garantizar la destrucción de los organismos patógenos.

## **3.2 Componente de salud**

### **3.2.1 Enfermedades gastrointestinales por ingesta de agua contaminada**

Las enfermedades gastrointestinales que afectan a humanos y que son de carácter infeccioso, pueden ser producidas por parásitos, bacterias y virus. Dado que muchos de estos agentes infecciosos tienen como habitat el sistema gastrointestinal humano y/o animal, el principal vector son las descargas fecales. De acuerdo a lo anterior, la contaminación de origen fecal de las fuentes de agua es uno de los principales riesgos de la transmisión de estas enfermedades infecciosas.

Desde principios del siglo 20, cuando se inició el tratamiento de agua para potabilizarla, se puso de manifiesto la relación entre el consumo de agua sin tratar y la prevalencia de enfermedades gastrointestinales infecciosas.

Las principales enfermedades infecciosas de origen bacteriano, viral, protozoario y parasitario se presentan en el Cuadro 3.3.

Ya que las posibilidades de encontrar agentes causales en el agua no son muy altas puesto que pueden estar diluídas, normalmente se utiliza el análisis de agentes indicadores como los coliformes, para poner en evidencia que existe contaminación de origen fecal y por ende, el riesgo de encontrar patógenos.

**Cuadro 3.3**  
**Agentes infecciosos que pueden**  
**encontrarse en aguas contaminadas.**

Organismo	Enfermedad	Sintomatología
<b>Enfermedades causadas por bacterias</b>		
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenteritis	Diarrea
<i>Legionella pneumophila</i>	Legionelosis	Enfermedad respiratoria aguda
<i>Leptospira sp</i>	Leptospirosis	Ictericia, fiebres
<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre tifoidea	Fiebre alta, diarrea, ulceraciones intestinales
<i>Salmonella sp</i>	Salmonelosis	Toxiinfección alimenticia
<i>Shigella sp</i>	Shigelosis	Disentería bacilar
<i>Vibrio Cholerae</i>	Cólera	Diarrea extrema, deshidratación
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Yersinosis	Diarrea
<b>Enfermedades causadas por virus</b>		
<b>Adenovirus</b>	Enfermedad respiratoria	
<b>Enterovirus (67 tipos, polovirus, echovirus y coxsackievirus)</b>	Gastroenteritis, meningitis, anomalías del corazón	
<b>Hepatitis "A"</b>	Hepatitis infecciosa	Ictericia y fiebre
<b>Agente Norwalk</b>	Gastroenteritis	Vómitos
<b>Reovirus</b>	Gastroenteritis	
<b>Rotavirus</b>	Gastroenteritis	
<b>Enfermedades causadas por protozoos</b>		
<i>Balantidium coli</i>	Balantidiasis	Diarrea y disentería
<i>Cryptosporidium</i>	Cryptosporidiosis	Diarrea
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebiasis	Diarrea sangrante, abscesos en el hígado e intestino
<i>Giardia Lamblia</i>	Giardiasis	Diarrea ligera a severa, náusea e indigestión
<b>Enfermedades causadas por helmintos</b>		
<i>Ascaris lumbricoide</i>	Ascariasis	
<i>Enterobius vericularis</i>	Enterobiasis	
<i>Fasciola hepatica</i>	Fascioliasis	
<i>Hymenolepis nana</i>	Hymenolepiasis	
<i>Taenia saginata</i>	Teniasis	
<i>Taenia solium</i>	Teniasis	
<i>Trichuris trichiura</i>	Trichuriasis	

Fuente: Tchobanoglous & Burton, 1991.

### **3.2.2 Patrón epidemiológico de enfermedades gastrointestinales en los municipios adyacentes al Río Motagua, de los departamentos de El Progreso, Zacapa e Izabal.**

Con el objeto de recabar los datos concernientes al número de casos de enfermedades gastrointestinales y de la piel que pudieran haber sido provocadas por el uso o contacto del agua del Río Motagua, se visitaron los centros de salud de los municipios de El Júcaro, San Agustín Acasaguastlán, Río Hondo, Gualán y Morales. También, se visitó el centro de coordinación del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) en Guastatoya, El Progreso. En cada centro se consultaron los “Reportes Mensuales de Enfermedades de Notificación Obligatoria” para los años 2,001, 2,002 y 2,003.

Entre los cinco centros de salud seleccionados por la DIGI se encontraban el de El Rancho en El Progreso, y el de Darmouth en Izabal. Sin embargo, en el caso de El Rancho, los datos estaban incompletos por lo que se decidió usar los del centro de salud de San Agustín Acasaguastlán, que incluyen datos de El Rancho. En el caso de Darmouth, se verificó que es un centro de salud muy pequeño por lo que no se llevan bien los registros, por lo tanto, se escogió el centro de salud de Morales.

En los centros de salud, no existía una nomenclatura común de clasificación de los casos que se presentaban. El MSPAS hasta este momento, está implementando una nomenclatura común entre centros de salud para homogenizar las estadísticas, por esta razón, la información estadística recolectada de casos se consolidó en dos grandes rubros, enfermedades gastrointestinales y enfermedades de la piel, lo cual permite la comparación entre centros de salud. Se agruparon como enfermedades intestinales las siguientes: síndrome diarreico agudo, amebiasis, giardiasis, parasitismo y hepatitis viral. Como enfermedades de la piel se tomaron las siguientes: impétigo, micosis, dermatitis, alergias, tiñas, abscesos, urticaria, herpes y

forunculosis. Los datos obtenidos en los centros de salud se presentan en el Cuadro 6.3 del Anexo 4.

En dicho Cuadro se consigna el número de casos ocurrido mensualmente (morbilidad) y su porcentaje con respecto a la población del municipio, para los años 2,001, 2,002 y primer trimestre del 2,003.

### **3.2.2.1 Prevalencia de vómitos y diarreas**

Los datos obtenidos pertenecientes al 2,001, 2,002 y el primer trimestre del 2,003, incluyeron todos los casos de enfermedades gastrointestinales que pudieran haber estado relacionados con el uso o consumo del agua del Río Motagua. Se calculó el porcentaje de morbilidad como el número de casos mensuales dividido entre la población del municipio, según el censo del Instituto Nacional de Estadística del año 2,002, y multiplicado por cien. Por otro lado, se calcularon límites máximos y mínimos sumándole y restándole al promedio de casos durante el período considerado, dos desviaciones standard. Los casos dentro de estos límites representan el 95 % de éstos.

Con el fin de verificar si había un comportamiento anormal en los meses de febrero del 2,002 y enero del 2,003, cuando se efectuaron las descargas de fondo de la Hidroeléctrica, se construyeron gráficas para cada municipio donde se relacionó los meses de los años considerados con los valores del porcentaje de morbilidad para cada año y los límites máximos y mínimos.

En el Anexo 5, se incluyen los gráficos 5-1, 5-3, 5-5, 5-7 y 5-9 mostrando las morbilidades (expresadas como porcentaje de la población) de las enfermedades antes mencionadas durante los períodos de tiempo considerados.

Del análisis de los datos obtenidos se puede inferir que las enfermedades gastrointestinales ocurren en forma continua en el transcurso del año, mostrando ciertos valores máximos durante determinados períodos.

Aunque existe una pequeña cantidad de personas que viven a las orillas del Río Motagua y que hacen uso parcial del mismo, es muy importante mencionar que la mayoría de personas de las poblaciones estudiadas, no utilizan el Río Motagua para el suministro de agua potable, ni como medio de recreo ó para obtener pesca para consumo. La mayoría de pescado consumido y comercializado proviene de los afluentes del Motagua, los cuales presentan bajos niveles de contaminación.

Según se informó en los centros de salud visitados, durante los eventos de las descargas de la Hidroeléctrica La Vacas, se alertó a la población por medio de anuncios de radio y por advertencias del personal del centro de salud haciendo uso de megáfonos en las calles dentro de las poblaciones afectadas, para que no se hiciese ningún tipo de uso de las aguas del Río Motagua.

El suministro de agua potable en las poblaciones en estudio, proviene de corrientes de agua provenientes de la Sierra de Las Minas y pozos, y las aguas servidas son dispuestas en el Río Motagua sin ningún tipo de tratamiento. Por ende, el origen de la mayoría de las enfermedades gastrointestinales podría deberse a toxiinfecciones de origen alimentario y en menor proporción a otras causas.



### **3.2.2.2 Incidencia de vómitos y diarreas**

Del análisis de las gráficas arriba citadas, se puede deducir que, con excepción de la población de Río Hondo, las otras poblaciones presentan las mayores incidencias de enfermedades gastrointestinales en los meses de junio y julio, lo que coincide con el inicio de la estación lluviosa en esa región. El aumento de la humedad ambiental y las escorrentías, favorecen la diseminación de la contaminación fecal, por lo que es normal esperar un aumento de casos de esas enfermedades. Durante los meses en que sucedieron las descargas de la Hidroeléctrica, no ocurrió un aumento en el número de casos, con excepción de Río Hondo en el año 2,003; sin embargo, cabe hacer notar que, la población de Río Hondo, es la más alejada del cauce del Motagua por lo que se esperaría poca influencia del río. En las figuras 6-11 y 6-12 del anexo 6, pueden apreciarse las orillas despobladas del Motagua en esa zona, en fotografías tomadas al Noreste y Suroeste sobre el puente Motagua en la carretera hacia la ciudad de Zacapa.

### **3.2.3 Patrón epidemiológico de enfermedades de la piel en los municipios adyacentes al Río Motagua, de los departamentos de El Progreso, Zacapa e Izabal.**

En las gráficas 5-2, 5-4, 5-6, 5-8 y 5-10 que se incluyen en el Anexo 5, se presentan las morbilidades de las enfermedades de la piel en los cinco municipios estudiados. Del análisis de la información obtenida, se observa que, en los municipios de El Júcaro, San Agustín Acasaguastlán, Río Hondo y Gualán, el mayor número de casos ocurre entre los meses de agosto y diciembre, coincidiendo con la época de mayor humedad por las lluvias. En cuanto al municipio de Morales, hay un aumento en la incidencia de enfermedades de la piel durante el primer trimestre del año, coincidiendo también con épocas de alta humedad relativa en el ambiente. Es importante señalar que, el municipio de Morales del Departamento de Izabal, se encuentra bajo un régimen climático diferente a los otros municipios, con

mayor precipitación durante todo el año y con mayor humedad relativa en el ambiente.

Durante los meses en que se efectuaron las descargas de fondo de la Hidroeléctrica (febrero 2,002 y enero 2,003), no se detectó un aumento significativo del número de casos de enfermedades de la piel, en ninguno de los municipios con excepción del mes de enero de 2,003 en Río Hondo. Como se mencionó en el inciso anterior, la lejanía de la población de las márgenes del río hace menos probable que su contaminación haya sido la causa principal.

### **3.2.4 Propuesta de la Universidad de San Carlos de Guatemala para mejorar la medicina preventiva de enfermedades crónicas originadas por la contaminación del río.**

#### **Propuesta 3.1**

Los datos recolectados en los centros de salud reflejan la atención prestada a los habitantes de todo el municipio y no discriminan aquellos casos de pacientes que viven en las márgenes del río. Se propone modificar el sistema de recolección de datos en los centros de salud de las poblaciones adyacentes, para dar importancia a la posible relación entre la enfermedad contraída y el uso del agua del Motagua.

#### **Propuesta 3.2**

Una acción alterna podría ser que los estudiantes de la Facultad de Medicina, en su trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), realicen encuestas entre los pobladores asentados en las riberas del río para detectar la frecuencia de enfermedades así como el uso que puedan darle al agua del Motagua.

**Propuesta 3.3**

La USAC propone implementar un programa de concientización dirigido a los habitantes de las orillas, sobre el peligro que significa consumir agua y pescados provenientes del Río Motagua. En la actualidad sólo se ha hecho propaganda por parte de las autoridades de salud para que no se use el agua, durante los eventos de las descargas de fondo de la Hidroeléctrica que han ocurrido una vez al año. Sin embargo, el principal problema de contaminación proviene de las aguas servidas y descargadas por la Ciudad de Guatemala y las poblaciones asentadas en la cuenca, lo que representa un peligro constante.

**Propuesta 3.4**

La USAC enfatiza que la solución final a este problema radica en la promoción del tratamiento de las aguas servidas, y la correcta disposición de los desechos sólidos en toda las poblaciones de la cuenca del Río Motagua. Adicionalmente, deberá implementarse el dragado constante del embalse de la Hidroeléctrica, de forma de minimizar la cantidad de sólidos purgados durante las descargas de fondo, las cuales deberán hacerse durante los meses de lluvias para mayor dilución.

#### **4. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS CONTAMINADAS**

##### **4.1 Descripción de los medios actuales de tratamiento de la Hidroeléctrica Río Las Vacas**

Además de la descarga anual de sedimentos o descarga de fondo, la Hidroeléctrica realiza en el embalse trabajos de remoción de sólidos por medios mecánicos en una forma regular. Esta actividad evita que la materia sólida circule a través de las turbinas; como ventaja adicional, se evita que llegue hasta el Río Motagua y azolve su cauce. Según un estimado dado por la empresa, normalmente se extraen 50 m<sup>3</sup> por día pero se ha llegado a extraer hasta 800 m<sup>3</sup> de lodos.

En cuanto a las cantidades de material flotante recuperado en las trampas del embalse, informaron que durante la época seca, se extraen pequeñas cantidades, pero en época de lluvias intensas se extraen hasta 100 m<sup>3</sup>/día.

En cumplimiento de un acuerdo realizado con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, la Hidroeléctrica contrató a la empresa “Asesoría en Geología, Petróleo y Medio Ambiente” para realizar un monitoreo de la calidad de las aguas de los ríos Las Vacas y Motagua, durante la operación normal del embalse que incluía trabajos de remoción de sedimentos. Una copia de dichos informes fue proporcionada por los funcionarios al consultor. Los resultados obtenidos se presentan en los cuadros 4.1 y 4.2.

Cuadro 4.1

**Promedios de los datos del monitoreo ambiental realizado por la Hidroeléctrica durante el período febrero - abril del 2,003.**

<b>Punto de muestreo</b>	<b>Sólidos totales (mg/L)</b>	<b>Sólidos disueltos totales (mg/L)</b>	<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>	<b>Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)</b>	<b>Demanda química de oxígeno (mg/L)</b>
Estación 1	692	373	4.1	228	404
Estación 2	691	377	4.5	213	377
Estación 3	718	399	6.3	162	297
Estación 4	182	113	6.1	5	9
Estación 6	357	210	5.3	107	183

**Estación 1:** Río Las Vacas abajo del puente entre Cantón las Vacas y Cantón Centro, de la comunidad San Antonio Las Flores.

**Estación 2:** Puente sobre el río Las Vacas, antes del embalse.

**Estación 3:** a 100 m aguas debajo de la salida de la casa de máquinas.

**Estación 4:** Río Motagua antes de la confluencia con el río Las Vacas.

**Estación 6:** Río Motagua abajo del puente Orellana.

Cuadro 4.2

**Algunas características físicas y químicas del agua del río "Las Vacas" en diferentes sitios de la Hidroeléctrica (período de muestreo: 20 de marzo al 3 de abril del 2,003).**

<b>Punto de muestreo</b>	<b>Sólidos totales (mg/L)</b>	<b>Sólidos disueltos totales (mg/L)</b>	<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>
Estación 1-A	534 a 2,793	284 a 449	1.60 a 6.0
Estación 2-A	491 a 3,795	299 a 495	0.4 a 2.0
Estación 3-A	483 a 1,112	225 a 441	4.1 a 7.0

**Nomenclatura:**

**Estación 1-A:** Puente sobre el río Las Vacas, antes del embalse.

**Estación 2-A:** Bocatoma, ingreso al túnel.

**Estación 3-A:** Área de desfogue de la casa de máquinas.

Del análisis de los datos del cuadro 4.1, entre las estaciones 2 y 3 que representan la calidad del agua antes y después de pasar por la Hidroeléctrica, se puede deducir que los niveles de la demanda biológica de oxígeno (DBO) se redujo en 24%, la demanda química de oxígeno (DQO) en un 21% y el oxígeno disuelto se elevó en un 40%. Los valores de los sólidos totales y disueltos no tuvieron mayores variaciones. Las variaciones sufridas por la DBO y la DQO en el agua del río Las Vacas podrían deberse a la remoción de sólidos al pasar por el embalse.

De la comparación de los resultados de los niveles de contaminación del Río Motagua antes y después de la confluencia con el río Las Vacas (Estación 4 y 6 respectivamente), se puede deducir que el principal contaminante del río lo constituye las aguas del río Las Vacas.

Al comparar los intervalos entre los que variaron los resultados de las determinaciones de sólidos totales y oxígeno disuelto, en las estaciones de muestreo localizadas antes de entrar al embalse y a la salida de la casa de máquinas (ver cuadro 4.2), se puede notar que hay una reducción en los sólidos totales y un aumento del oxígeno disuelto del agua del río Las Vacas, a la salida de la casa de máquinas. Esto favorece la calidad del agua del río.

Es importante resaltar que, en general, el proceso de generación de electricidad por medio de energía hidráulica, no causa ningún tipo de contaminación significativa al agua. En lo concerniente a las características físicas y químicas del agua se produce una leve elevación de su temperatura y se aumenta el nivel de oxígeno disuelto, esto último tiene una acción benéfica en su composición. Al construir proyectos hidroeléctricos se pueden causar algunos impactos negativos al ambiente debidos a la construcción de embalses que alteran el ecosistema fluvial y el paisaje. En cuanto al flujo del río, se modifica su caudal y se varía su dirección dando como resultado que, en algunas ocasiones, ciertos tramos del cauce entre el embalse y la casa de máquinas se quede sin flujo.

En resumen, la operación diaria de la Hidroeléctrica causa los siguientes cambios en la calidad del agua del Río Las Vacas:

- a) Eliminación casi total de la materia flotante especialmente artículos plásticos.
- b) Eliminación parcial de materia en suspensión especialmente arena, tierra y materia fecal.
- c) Aumento de la cantidad de oxígeno disuelto como resultado de su paso por las turbinas y su descarga a presión al ambiente.
- d) Disminución del caudal durante el período de llenado del embalse.
- e) Una vez al año, durante un período de 4 a 5 días, se realiza una descarga programada del material acumulado en el embalse. Esta práctica de mantenimiento puede causar una elevación drástica en la cantidad de sólidos en suspensión del río Las Vacas. Esta corriente con altos niveles de sólidos en suspensión, al desembocar en el Motagua, causa un aumento de los niveles de contaminación y disminuye la cantidad de oxígeno disuelto. Este efecto aumenta si la descarga se realiza en la época seca, cuando disminuye el caudal del Motagua.

## **4.2 Propuesta de la Universidad de San Carlos ante el problema, para contribuir a la disminución de la contaminación de peces y al tratamiento de las aguas contaminadas**

### **4.2.1 Consideraciones sobre la operación de la Hidroeléctrica**

La Hidroeléctrica es una entidad destinada a generar energía eléctrica, y su operación se basa en construir un embalse y aprovechar la fuerza gravitacional de una caída de agua del río Las Vacas para mover una turbina acoplada a un generador, y regresar el agua a su cauce sin haberle añadido ninguna sustancia contaminante. El alto contenido de sólidos sedimentables del río Las Vacas provoca el azolvamiento del embalse, por lo que se requiere realizar una descarga de fondo una vez al año.

La instalación de una hidroeléctrica aprovechando los caudales que llevan desagües, con lo que se aprovecha el agua gastada de las poblaciones, no es una idea nueva y se lleva a cabo en varias ciudades en diversos países del mundo, pero reciben normalmente aguas servidas ya tratadas.

No debe perderse de vista que, no es función de la Hidroeléctrica el tratamiento de las aguas contaminadas que se reciben en su embalse.



#### **4.2.2 Propuesta de la Universidad de San Carlos de Guatemala para mitigar el problema de la contaminación del Río Motagua y de su fauna acuática**

Las propuestas de la USAC ante este problema son las siguientes:

##### **a) Impacto de la operación de la Hidroeléctrica**

###### **Propuesta 4.1**

La Hidroeléctrica deberá realizar su descarga de fondo durante la temporada de lluvias, en la época de mayor precipitación pluvial que se da entre finales del mes de agosto hasta mediados del mes de octubre. A causa que la Hidroeléctrica tiene que alertar al Ministerio de Ambiente y Recursos naturales (MARN) y a las municipalidades de las poblaciones localizadas en las riberas del Motagua, la descarga debería planificarse en consulta con el INSIVUMEH para hacerla coincidir con un aumento del caudal del Motagua.

###### **Propuesta 4.2**

Que se implemente al menor plazo posible la operación de la draga para que reduzca constantemente los sedimentos del fondo del embalse de tal forma que, cuando se realice la descarga de fondo, el material purgado sea menor.

###### **Propuesta 4.3**

El personal de la Hidroeléctrica deberá mantener inspección periódica del manejo y disposición de los lodos dragados del fondo del embalse, para evitar que estos retornen nuevamente al cauce del río Las Vacas.

###### **Propuesta 4.4**

Que se implemente al menor plazo posible el plan de la Hidroeléctrica para el aprovechamiento de los desechos sólidos plásticos recuperados en el embalse.

**b) Tratamiento de las aguas servidas de origen doméstico e industrial en la cuenca del Río Motagua**

La raíz del problema aquí discutido es la falta de tratamiento de las aguas servidas domésticas e industriales en toda la cuenca del Río Motagua, especialmente las provenientes de la vertiente norte del Valle de La Ermita. Además, algunas poblaciones pequeñas tienen la costumbre de disponer de las basuras domésticas, ya sea en los ríos o en las quebradas de invierno, lo que implica que sean arrastradas por las lluvias a las corrientes de los ríos. La única solución final es el tratamiento de todas las aguas servidas y una correcta disposición de los desechos sólidos.

**Propuesta 4.5**

En consecuencia, la USAC propone que se enfatice en la promoción de leyes y financiamiento adecuado para que se lleve a cabo la construcción de plantas de tratamiento de aguas servidas y la recolección y disposición de desechos sólidos. De esta manera, se evitaría que el Río Motagua sea, como lo es ahora, uno de los ríos mas contaminados del país, beneficiando de esta manera a toda la población en su cuenca y desembocadura. El problema más serio lo constituye el aporte de contaminación del río Las Vacas, por lo que se debería enfatizar el tratamiento de efluentes y basuras en el Departamento de Guatemala.

**Propuesta 4.6**

La USAC podría poner a disposición de las municipalidades de las poblaciones localizadas en la cuenca del Río Motagua, la experiencia técnica de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS), para diseñar sistemas de tratamiento que resuelvan el problema de contaminación causado por las aguas servidas. Además, podría sugerir la creación de un banco de datos conteniendo información sobre caudales, composición física, química y su calidad microbiológica de las aguas de los afluentes y del Río Motagua, para generar los datos básicos requeridos para diseños adecuados. Esta información ya existe, al menos en parte, pero está dispersa en diferentes entes públicos y privados.

## 5. **BIBLIOGRAFÍA**

MICIVI. 2,002. "Calidad del agua de los ríos de la república de Guatemala". Departamento de Investigación y Servicios Hídricos. Laboratorio de Hidroquímica. Boletín No 5.

Tchobanoglous, G & Burton F.L. 1991. Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse. Metcalf and Heddy, Inc. editors. 3er edition. McGraw Hill Series.

**6. ANEXOS**

**Anexo 1:**

**“Características promedio físicas y químicas del Río Motagua y de los ríos de Guatemala”.**

**Cuadro 6.1**  
**Características físicas y químicas del río Motagua**  
**(período febrero a octubre del 2,002).**

Parámetro	Valor promedio	Valor Máximo	Valor mínimo
Aspecto	Muy turbia	-	-
Color ( $m^{-1}$ )	12.60	35.00	0.50
pH (unidades)	7.90	8.23	7.56
Potencial redox (mV)	-49.88	-34.00	-64.00
Temperatura ( $^{\circ}C$ )	26.56	28.70	23.70
Turbidez (UTN)	472.00	1400.00	45.00
Sólidos totales disueltos (mg/L)	226.25	317.00	108.00
Salinidad (unidades)	0.00	0.00	0.00
Porcentaje de saturación de oxígeno	59.60	76.00	52.00
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.78	6.20	4.14
Tensoactivos (mg/L)	1.92	6.50	0.63
Boro (mg/L)	0.152	0.240	0.005
Calcio (mg/L)	32.34	53.25	19.40
Cloruros (mg/L)	14.93	23.38	7.75
Cobre (mg/L)	0.79	3.50	0.00
Dureza (como $CaCO_3$ ) (mg/L)	105.80	128.16	71.20
Fluoruros (mg/L)	0.28	0.30	0.26
Hierro total (mg/L)	0.247	0.527	0.087
Magnesio (mg/L)	8.20	11.50	4.50
Sulfatos (mg/L)	61.73	191.00	21.00
Bicarbonatos (mg/L)	166.80	255.07	105.19
Alcalinidad (como $CaCO_3$ ) (mg/L)	166.80	225.07	105.19
Silicatos (mg/L)	48.88	71.00	40.00
Amonio (como $NH_4^+$ ) (mg/L)	0.247	0.425	0.018
Fosfatos (mg/L)	2.54	4.10	0.93
Fósforo (mg/L)	0.827	1.337	0.303
Sodio (mg/L)	23.56	38.75	7.25
Potasio (mg/L)	6.47	8.90	3.95
Litio (mg/L)	0.05	0.25	0.00
Manganeso (mg/L)	1.185	3.875	0.038
DQO (mg/L)	87.00	400.00	17.00
Fenol (mg/L)	1.00	3.20	0.11
Formaldehído (mg/L)	1.06	5.06	0.10
Aluminio (mg/L)	0.063	0.150	0.00
Níquel (mg/L)	0.118	0.200	0.040
Zinc (mg/L)	0.589	0.925	0.396
Nitratos (mg/L)	11.341	20.900	2.495
Nitritos (mg/L)	0.626	1.483	0.024
Cadmio (mg/L)	0.016	-	-
Cianuro liberado (mg/L)	0.023	0.075	0.001
Cianuro total (mg/L)	0.052	0.200	0.001
Cromo ( $Cr^{+6}$ ) (mg/L)	0.367	0.985	0.046
Plomo (como $Pb^{+2}$ ) (mg/L)	0.522	1.563	0.292

**Nota:** los parámetros fueron medidos en la estación del INSIVUMEH localizada en el puente Orellana (latitud  $14^{\circ} 55' 09''$  y longitud  $90^{\circ} 00' 07''$ ).

**Cuadro 6.2**  
**Intervalo de las características físicas y químicas de**  
**las aguas de los ríos de Guatemala**  
**(período febrero – octubre 2,002).**

<b>Parámetro</b>	<b>Intervalo de concentración promedio</b>
Aspecto	Muy turbia - clara
Color ( $m^{-1}$ )	0.7 – 26.0
pH (unidades)	7.69 – 8.21
Potencial redox (mV)	-37.67 a -69.44
Temperatura ( $^{\circ}C$ )	15.76 – 27.23
Turbidez (UTN)	27.00 – 507.00
Conductividad ( $\mu S/cm$ )	132.29 – 396.44
Sólidos totales disueltos (mg/L)	94.44 – 296.89
Salinidad (unidades)	0.00 – 0.00
Porcentaje de saturación de oxígeno	55.70 – 68.60
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.58 – 5.69
Tensoactivos (mg/L)	0.35 – 2.43
Boro (mg/L)	0.038 – 3.245
Calcio (mg/L)	8.44 – 46.73
Cloruros (mg/L)	3.63 – 22.44
Cobre (mg/L)	0.02 – 0.79
Dureza (como $CaCO_3$ ) (mg/L)	48.06 – 160.00
Fluoruros (mg/L)	0.02 – 0.28
Hierro total (mg/L)	0.106 – 0.753
Magnesio (mg/L)	4.21 – 20.91
Sulfatos (mg/L)	19.22 – 69.53
Carbonatos (mg/L)	0.00 – 5.93
Bicarbonatos (mg/L)	58.41 – 213.93
Alcalinidad (como $CaCO_3$ ) (mg/L)	58.41 – 213.93
Silicatos (mg/L)	41.11 – 80.94
Amonio (como $NH_4^+$ ) (mg/L)	0.083 – 1.762
Fosfatos (mg/L)	0.14 – 2.54
Fósforo (mg/L)	0.047 – 0.827
Sodio (mg/L)	7.94 – 38.54
Potasio (mg/L)	2.82 – 9.24
Litio (mg/L)	0.01 – 0.14
Manganeso (mg/L)	0.160 – 1.358
DQO (mg/L)	13.11 – 122.31
Fenol (mg/L)	0.23 – 1.33
Formaldehído (mg/L)	0.13 – 1.83
Aluminio (mg/L)	0.010 – 0.320
Níquel (mg/L)	0.030 – 1.077
Zinc (mg/L)	0.107 – 3.327
Nitratos (mg/L)	5.010 – 29.312
Nitritos (mg/L)	0.059 – 1.002



**Continuación del Cuadro 6.2**

Cadmio (mg/L)	n.d.
Cianuro liberado (mg/L)	0.003 – 0.057
Cianuro total (mg/L)	0.005 – 0.130
Cromo (Cr <sup>+6</sup> ) (mg/L)	0.010 – 0.424
Plomo (como Pb <sup>+2</sup> ) (mg/L)	0.163 – 0.724

**Anexo 2**

**“Informe de laboratorio de los análisis de metales pesados en muestras de peces capturados en cinco estaciones de muestreo”.**

**Anexo 3**

**“Informes de laboratorio de los análisis microbiológicos de muestras de peces capturados en cinco estaciones de muestreo”.**

**Anexo 4**

**“Morbilidad de enfermedades gastrointestinales y de la piel en los cinco municipios seleccionados”.**







**Anexo 5**

**“Graficas de las prevalencias e incidencias de enfermedades gastrointestinales y de la piel para los cinco centros de salud encuestados ”**



**Anexo 6**

**“Fotografías tomadas en las diferentes estaciones de muestreo”**

**Figura 2.4:** Borda de contención para atrapar material flotante.

**Figura 2.5:** Fosa impermeable para la disposición de sedimentos del embalse.

**Figura 2.6:** Trabajos de construcción de la planta para el aprovechamiento de artículos plásticos.



**Figura 6.1:** Vista de la toma de muestras de peces en la estación de muestreo El Rancho.



**Figura 6.2:** Vista de los pescados capturados en la estación El Rancho.



**Figura 6.3:** Vista de la toma de muestras de peces en la estación de muestreo El Júcaro.



**Figura 6.4:** Vista de la muestra de los pescados capturados en la estación El Júcaro.



**Figura 6.5:** Vista de la captura de peces con atarraya en la estación Río Hondo.



**Figura 6.6:** Vista de uno de los ejemplares capturados en la estación Río Hondo.



**Figura 6.7:** Asentamientos humanos en la ribera del río en la población de Gualán.





**Figura 6.8:** Vista de la muestra de pescados capturados en la estación Gualán.



**Figura 6.9:** Vista de la captura de peces y del entorno circundante en la estación Morales.



**Figura 6.10:** Vista de la variedad de pescados capturados en la estación Morales.

**Figura 6.11:** Vista desde el puente Motagua, en dirección noroeste, de la ribera del Río Motagua.



**Figura 6.12:** Vista desde el puente Motagua, en dirección suroeste, de la ribera del Río Motagua.