

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**  
**ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**  
**MAESTRÍA EN ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**



**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2011**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**

**ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**MAESTRÍA EN ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**

**“LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA PARTE ALTA DEL RÍO LOS ESCLAVOS”**

**Informe final de tesis para la obtención del Grado de Maestra en Ciencias, con base en el Normativo de Tesis, aprobado por la Junta Directiva de la facultad de Ciencias Económicas, en el punto séptimo inciso 7.2 del acta 5-2005 de la sesión celebrada el veintidós de febrero 2005, actualizado y aprobado por Junta Directiva en el numeral 6.1 punto SEXTO del acta 15-2009 de la sesión celebrada el 14 de julio de 2009.**

**Asesor de tesis:  
Doctor Ekko Vanlerland  
Holanda**

**POSTULANTE: Licda. Ana Lorena Escalante Pérez**

**Guatemala, septiembre de 2011**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO</b>	<b>Lic. José Rolando Secaida Morales</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Lic. MSc. Albaro Joel Girón Barahona</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Lic. Mario Leonel Perdomo Salguero</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>P. C. Edgar Arnoldo Quiché Chiyal</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>P.C. José Antonio Vielman</b>

**JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ EL  
EXAMEN PRIVADO DE TESIS SEGÚN EL  
ACTA CORRESPONDIENTE**

<b>Presidente:</b>	<b>Ing. MSc. Edwin Antonio García Ovalle</b>
<b>Secretario:</b>	<b>Lic. MSc. Edwin Rolando García Caal</b>
<b>Vocal I:</b>	<b>Ing. MSc. Jaime Luis Carrera Campos</b>
<b>Asesor de Tesis:</b>	<b>Doctor Ekko Vanlerland</b>

## **ACTO QUE DEDICO**

Este acto está dedicado especialmente a mis señores padres don Rolando y doña María con mucho cariño. A mi esposo Víctor por su apoyo y comprensión incondicional, a mis hijos: Juan Manuel y Ana Julieta Barrera Escalante, los que siempre estuvieron pendientes del avance de la investigación y que de una forma directa participaron con el aporte de sus conocimientos y a la vez han demostrado su interés por la preservación de los recursos. Quienes con claridad incluyen al ser humano como un elemento más de la naturaleza y es por todos los seres vivos que es indispensable mantener los ecosistemas naturales para poder conservarlos.

## **AGRADECIMIENTOS ESPECIALES**

He querido dejar plasmado en este documento mis más sinceros agradecimientos a:

Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente a la actual junta directiva de la Facultad de Ciencias Económicas por su gestión en el apoyo institucional para la preparación académica de sus profesores.

Universidades de Tilburg y Wageningen, the Netherland, por permitirme pertenecer al programa y por haberme otorgado el financiamiento para la presente investigación.

Al Licenciado David Castañón por sus aportes, sabiduría y enseñanzas transmitidas

A los Doctores Rob Schipper y Ekko vanlerland, por la asesoría y amistad brindada

A Mis compañeros docentes del Ejercicio Profesional Supervisado, por el apoyo moral y sus aportes a la presente investigación.

### **A mis amigas, amigas y familiares con especial cariño**

#### **Instituciones**

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación

Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala

Señores Alcaldes de los municipios estudiados



# ÍNDICE

## Contenido

RESUMEN EJECUTIVO.....	i
INTRODUCCIÓN.....	iv
CAPÍTULO I: .....	1
CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DEL RÍO LOS ESCLAVOS.....	1
CAPÍTULO II .....	17
FACTORES QUE INCIDEN EN LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA .....	17
CAPÍTULO III .....	34
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
CAPÍTULO IV .....	40
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
• <b>Fósforo total</b> .....	60
• <b>Grasas y aceites</b> .....	62
• <b>Coliformes fecales</b> .....	62
CAPÍTULO V .....	74
MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA REDUCIR IMPACTOS AMBIENTALES.....	74
<b>5.1.1 Lombricomposteras</b> .....	78
<b>5.1.2 Plantas de tratamiento de aguas mieles</b> .....	78
<b>5.1.4 Plantas de tratamiento de desechos sólidos:</b> .....	80
CONCLUSIONES: .....	82
RECOMENDACIONES .....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	84

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características morfo métricas de la cuenca del Río Los Esclavos .....	2
Cuadro 2. Caudales medio, máximo y mínimo mensual de la Cuenca del río Los Esclavos.....	3
Cuadro 3. Evapotranspiración potencial .....	4
Cuadro 4. Especies de fauna y flora Sub-cuenca alta río los Esclavos.....	6
Cuadro 5. Área por municipio, dentro de la sub-cuenca alta del Río Los Esclavos .....	9
Cuadro 6. División política Sub-cuenca alta del río Los Esclavos .....	12
Cuadro 7. Población según edad. Sub-cuenca alta río Los Esclavos .....	14
Cuadro 8. Población según sexo. Sub-cuenca alta río Los Esclavos.....	15
Cuadro 9. Población según área geofigura. Sub-cuenca alta río Los Esclavos .....	15
Cuadro 10. Población según grupo étnico. Sub-cuenca alta río Los Esclavos .....	16
Cuadro 11. Proyección de población. Sub-cuenca alta río Los Esclavos .....	17
Cuadro 12. Utilización de los suelos. Sub-cuenca alta del río Los Esclavos .....	18
Cuadro 13. Forma de tratamiento de la basura según censo de población 2002 y encuesta 2009	19
Cuadro 14. Agua utilizada para el beneficiado húmedo de café. ....	21
Cuadro 15. Aforos volumétricos de las descargas de aguas servidas de las cabeceras municipales .....	22
Cuadro 16. Forma de deshacerse de las aguas servidas en los hogares según censo 2002 e investigación de campo Año 2009 .....	23
Cuadro 17. Sub-cuenca alta del río Los Esclavos .....	35
Cuadro 18. Distribución de la Muestra de encuesta. Sub-cuenca alta río Los Esclavos .....	41
Cuadro 19. Resultados de la encuesta .....	42
Cuadro 20. Movimientos de rangos de los hogares que recibieron remesas del exterior.....	44
Cuadro 21. Análisis bioquímico del agua.....	52
Cuadro 22. Sub-cuenca alta del Río Los Esclavos. Sólidos totales .....	55
Cuadro 23. Sub-cuenca alta del Río Los Esclavos. Demanda Bioquímica de oxígeno .....	56
Cuadro 24. Nitrógeno total Sub-cuenca río Los Esclavos .....	59
Cuadro 25. Sub-cuenca alta del río Los Esclavos. Valores de fósforo dentro del caudal medio de agua.....	61
Cuadro 26. Consumo de agua Sub-cuenca alta del río Los Esclavos .....	64
Cuadro 27. Morbilidad de los habitantes Sub-cuenca alta del río Los Esclavos .....	66
Cuadro 28. Estimación de gastos por asistencia médica .....	67
Cuadro 29. Gastos por enfermedades de origen hídrico.....	68
Cuadro 30. Indicadores para determinar la pérdida de sostenibilidad.....	69
Cuadro 31. Variables relacionadas al consumo de agua .....	72
Cuadro 32. Rubro de salud y ambiente Municipalidades Sub-cuenca alta del río Los Esclavos....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caudales, medio, máximo y mínimo de la cuenca río Los Esclavos.....	3
Figura 2. Evapotranspiración cuenca Río Los Esclavos.....	4
Figura 3. Sub-cuenca alta del Río Los Esclavos. Sólidos totales.....	55
Figura 4. Sub-cuenca alta del Río Los Esclavos. Demanda bioquímica de oxígeno por mes .....	57
Figura 5. Escalas de clasificación. Demanda Química de oxígeno .....	58
Figura 6. Sub-cuenca alta del río Los Esclavos. Valores de Nitrógeno.....	60
Figura 7. Sub-cuenca alta del río Los Esclavos. Valores de fósforo dentro del caudal medio de agua.....	62

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Cuenca del Río Los Esclavos .....	1
Mapa 2. Red hidrográfica. Sub-cuenca alta del río Los Esclavos .....	8
Mapa 3. División política sub-cuenca alta río Los Esclavos .....	10
Mapa 4. Ubicación de centros poblados Sub-cuenca alta del Río Los Esclavos .....	11
Mapa 5. Capacidad de uso de los suelos .....	27
Mapa 6. Cobertura vegetal y uso de la tierra .....	29
Mapa 7. Intensidad de uso de los Suelos .....	31
Mapa 8. Serie de suelos. Sub-cuenca alta del Río Los Esclavos, año 2008 .....	33
Mapa 9. Ubicación toma de muestras de laboratorio. Sub-cuenca alta río Los Esclavos.....	47
Mapa 10. Área de influencia de UEEDICH-MAGA .....	75
Mapa 11. Áreas críticas.....	76



## RESUMEN EJECUTIVO

El tema de la presente investigación se denomina “La contaminación del agua en la parte alta del río Los Esclavos”. Una importante cuenca conformada por varias micro-cuencas tales como: Río las Cañas, La Plata, Pinula, Los Vados o San Rafael, Colís, Tapalapa y San Antonio. Para determinar la contaminación se realizaron varios procesos entre los cuales se encuentra la verificación física por medio de visitas a lugares estratégicos, entrevistas y toma de muestras para un análisis bioquímico del agua en donde se comparó la época seca y la lluviosa.

El estudio se elaboró como una necesidad para determinar los centros poblados que ejercen mayor presión sobre este recurso y los efectos al encontrarse el agua contaminada. De la misma manera se pretende que la presente tesis aporte parámetros a personas particulares, instituciones estatales y organizaciones sociales para la toma de decisiones y se puedan implementar medidas de mitigación al respecto. Los resultados a los que se arribó al concluir la investigación se pueden resumir así: a) las poblaciones que habitan la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos y que están haciendo presión sobre los recursos naturales han variado de 1994 con 95,339 habitantes a 177,752 habitantes al año de 2009, representando un 53% de incremento. En el beneficiado de café se determinó el uso de 1,204,705 metros cúbicos de agua por cosecha, de los cuales es devuelto a los afluentes tributarios del río las aguas mieles y devuelto al ambiente la pulpa de café procedente de un total de 3,177,707 quintales, los efectos son demostrados con los análisis químicos del agua, los cuales reflejan que el agua de la referida cuenca pasa de contaminada a fuertemente contaminada. La administración de la cuenca está a cargo del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación quien la ha definido como un área susceptible a derrumbes y deslizamientos ya que posee un alto grado de erosión.

El río de las Cañas recibe aguas residuales de una industria, desechos de un rastro y aguas servidas de dos condominios y del centro preventivo de Pavón, así como las descargas de los drenajes del municipio Santa Cruz Naranjo, los resultados muestran que posee una leve acidez entre 7.69 a 7.71 milímetros por litro. Además refleja un alto contenido de sólidos totales los que pasan de 181 a 216 miligramos por litro. El río Colís que nace en San José Pinula y Mataquescuintla, recibe las descargas del 40% de los drenajes de estos Municipios por estar ubicados en un parte aguas, los líquidos son vertidos sin tratamiento alguno, además el agua es contaminada con miel de café emanada de la agro industria en donde los análisis reflejan que la demanda química de oxígeno pasa de 45 en la época lluviosa a 545 miligramos por litro en época seca. Los sólidos totales se encuentran con valores de 99 a 427 miligramos por litro aunado a las malas prácticas de los usuarios de este recurso natural.

Los ríos Tapalapa y San Antonio recogen contaminación de los centros poblados de San Rafael Las Flores y Casillas específicamente de drenajes y lixiviación de botaderos de basuras a cielo abierto municipales y clandestinos, además es amenazada por autorizaciones de licencias de exploración minera dentro de los límites del casco urbano de San Rafael Las Flores y la laguna de Ayarza, dentro de la quebrada el Escobal, la que es tributaria de estas microcuencas, acciones que podrían incrementar la contaminación de la parte alta del río Los Esclavos.

Los valores más elevados que presenta el análisis bioquímico del agua corresponde a la conductividad con 118 microsiemens por centímetro en río Tapalapa y  $190\mu\text{S}/\text{cm}$  en el río San Antonio, los sólidos totales con 336 miligramos por litro para el primero y 307 mg/L para el segundo. Con una demanda química de oxígeno de 115 miligramos por litro y 80mg/L, estos valores representan que el agua se encuentra según tabla de escalas de clasificación elaborada por la Subdirección General Técnica del Agua de México D.F. a un paso de ser fuertemente contaminada.

EL río Los Vados o San Rafael, al atravesar el caso urbano de San Rafael Las Flores es contaminado con aguas servidas de los hogares de este Municipio, el agua es utilizada para riego de hortalizas como cebolla, tomate, ejote, lechuga, donde la población que los consume en fresco corre el riesgo de padecer enfermedades por consumo de productos contaminados por eses fecales, debido a que el agua no posee tratamiento y la cantidad de coliformes es elevada.

Los análisis muestran que la conductividad se encontró al momento de la investigación entre los valores de 188 a 293 micro siemens por centímetro, los sólidos totales en 307 mg/L la demanda química de oxígeno de 155 mg/L.

Entre los municipio de Nueva Santa Rosa y Santa Rosa de Lima existe la unión de los afluentes antes mencionados los que traen contaminación de la misma especie, debido a que recibe los drenajes de aguas servidas de los municipios en estudio a excepción de Casillas que posee una piscina de recolección de aguas servidas sin tratamiento.

De los 8 municipios estudiados, 6 de estos juntan la basura en lugares cercanos al casco urbano lo que causa contaminación de las fuentes subterráneas de agua, así como criaderos de moscas, roedores, aves de rapiña y lluvias ácidas por la práctica de quema en época de verano, factores que alteran la salud de las personas del área.

Los suelos localizados son Camanché en su fase erosionada, Pacaya, Fraijanes, Pinula, Barberena y Ayarza, estos por la fisiografía quebrada son de vocación forestal y cultivos permanentes, en la actualidad son utilizados para la siembra de granos básicos como maíz, frijol, materias primas para la agro industria como caña de azúcar y café, estos son fertilizados con productos químicos que en invierno escurren a la cuenca la que sobre cargan de nitrógeno y fósforo tal como se demuestra con datos obtenidos en análisis bioquímico del agua.

Otros de los suelos identificados son **los de los valles no diferenciados**. Describe los valles grandes en donde ningún tipo de suelos es dominante, la clase de material ha sido transportada por el agua, el área es casi plana conveniente para la agricultura. Este tipo de suelos se encuentra ubicado en parte del valle de Nueva Santa Rosa, Casillas, San Rafael Las Flores, el que es utilizado para siembra de café, maíz, frijol y caña de azúcar según la investigación es un área sub utilizada, debido a que el porcentaje de cultivo de hortalizas es menor.

Los **suelos aluviales no diferenciados**. Son una clase de terreno en la que están agrupados suelos aluviales jóvenes de características diferentes, son bien drenados, arenosos, de reacción neutra a alcalina estos son moderadamente oscuros.

Área que posee terrenos valiosos para la agricultura, y son los más productivos del Departamento, de esta forma se puede realizar un cultivo apto para evitar la erosión y diversificación e implementar sistemas de mini riego para aprovechar varias cosechas en el año y así evitar la extensión de la frontera agrícola que es otro factor que degrada constantemente al hacer más cortas las cadenas alimenticias para la fauna silvestre.

En la fase de riesgos se analizó que en la parte oeste de la laguna de Ayarza existe la amenaza de deslizamiento, este recurso hídrico surte del vital líquido al casco urbano de Nueva Santa Rosa, los centros poblados de Estanzuelas, Portezuelo y Ojo de Agua por medio del nacedero el Pinalito, recurso que se ve amenazada por la actividad minera autorizada en la zona, incrementando el riesgo de contaminación por químicos y materiales ácidos, donde serán las personas los mas perjudicados específicamente en su salud.

Se pretende que este estudio se utilice por los diferentes entes como la Corporación Municipal, Consejos Comunitarios de Desarrollo, así como por la población en general, para implementar diferentes medidas de mitigación a los impactos y subsanar los malos manejos de desechos líquidos y sólidos que ocasionan daños al ambiente.

## INTRODUCCIÓN

Este informe es el instrumento expositivo de una **investigación descriptiva** que se realizó en la parte alta del río Los Esclavos. Dicha sub-cuenca comprende los municipios de San José Pinula y Fraijanes del departamento de Guatemala, Mataquescuintla del departamento de Jalapa, y San Rafael Las Flores, Casillas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa de Lima y Santa Cruz Naranjo del departamento de Santa Rosa. Cada uno de estos municipios relacionados con actividades antrópicas que contribuyen a la contaminación del agua del área en estudio.

Como antecedentes de estudios sobre esta cuenca se tuvo a la vista la valoración económica del servicio ambiental de regulación hídrica del lado sur de la reserva de la biosfera Sierra de las Minas. Al respecto se tuvo como propósito estimar una tarifa de agua por metro cúbico por el servicio de regulación hídrica del bosque “efecto esponja”, basadas en precios de mercado. Los alcances se orientaron a la generación de información básica para la formulación de políticas de compensación y un programa de pago por servicios ambientales. Fue conducido en la Reserva de la Biosfera de la Sierra de las Minas –RBSM-, lado sur, Guatemala; y contratado por el Programa de Fortalecimiento Institucional en Políticas Ambientales. En la metodología se utilizaron datos de producción de agua del bosque obtenidos de un modelo hidrológico en –GIS- que determina cambios en el caudal con el principal supuesto de que el volumen total anual producido en la cuenca es constante, y que las fluctuaciones se presentan en la distribución a lo largo del año debido a los cambios en la cobertura forestal. Se determinaron caudales en verano e invierno en función de cambios en la cobertura forestal y se proyectó financieramente a veinte años plazo. La información permitió estimar una tarifa promedio del metro cúbico de agua durante el verano equivalente a US\$ 0.03, lo cual corresponde a un valor de US\$188.30/año. (Hernández, 2008).

Otro estudio sobre las cuencas hidrofiguras de la zona cañera Guatemalteca y su entorno también aportó información para esta tesis, el mismo tuvo como propósito analizar las cuencas hidrofiguras en la zona cañera guatemalteca y plantear estrategias de manejo integrado del recurso hídrico en esa región. El estudio realizó una revisión de información existente sobre el tema hídrico en las diferentes cuencas ubicadas en la vertiente del Pacífico. Los resultados indican que la cuantificación de la oferta con fines de planificación representa una debilidad, ya que la red hidrométrica estatal en la década de los ochenta operaba con 30 estaciones en puntos estratégicos de los principales ríos de las cuencas de la vertiente del Pacífico, actualmente sólo 8. Sin embargo, es evidente que en los períodos de estiaje, los caudales sufren una disminución en oferta, principalmente, aguas abajo de las cuencas y con una mayor intensidad en la época de abril y mayo, a causa de una falta de regulación y control del recurso.

Este estudio señaló que el uso del recurso hídrico representa alrededor de 270 millones de metros cúbicos en riego. La cuenca del Coyolate es la más compartida; la sub-cuenca del río Cristóbal es utilizada por los ingenios Los Tarros, El Baúl, Madre Tierra y La Unión; la sub-cuenca del río Pantaleón es utilizada únicamente por ingenio "Pantaleón" y la sub-cuenca del río Mascalate por el ingenio "Tierra Buena". Actualmente la demanda de investigación tecnológica, no contempla estudios hidrométricos, ni de conservación y protección del recurso hídrico, carece de estudios sobre la operación de sistemas de riego y programas de capacitación con base a las distintas áreas que se consideren débiles. Para minimizar las amenazas de reducción del recurso hídrico, se planteó como estrategia, la adopción del enfoque de cuencas, como unidad para planificación y en cada una de ellas, desarrollar un plan estratégico de acción que permita reducir la escasez del recurso hídrico en los períodos de estiaje, incrementar las eficiencias del uso del agua para riego, reducir la competencia aguas abajo de las cuencas e incrementar la capacidad intelectual para el manejo integral del recurso hídrico" (CENGICAÑA).

Con la información obtenida en los estudios antecedentes, en esta tesis se planteó la realización de un estudio para analizar la calidad del agua que drena dentro de la sub-cuenca alta del río Los Esclavos y los demás entes que la conforman, para determinar su nivel de contaminación y cuál es la causa. La guía de la investigación se planteó mediante la pregunta de investigación siguiente: ¿Cuál es el nivel de contaminación del agua en la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos al año 2008?<sup>1</sup>

La tesis tiene la finalidad de contribuir con la población que habita la sub-cuenca alta del río Los Esclavos, debido a que en la actualidad es amenazada por las personas que se benefician de los recursos naturales que están siendo depredados al extremo de contaminar el agua. Los efectos contribuyen a reducir las especies endémicas tanto de fauna como de flora, haciéndose cada día más escasas las cadenas alimenticias terrestres y acuáticas, así mismo es importante mencionar las enfermedades de origen hídrico que padecen los pobladores, donde se han atendido 15,660 consultas durante el año 2008, razón por la cual se hace necesario realizar estudios que demuestren que al implementar medidas de saneamiento ambiental la población del área en estudio mejorará su calidad de vida y el Estado de Guatemala podrá obtener ahorros significativos que gasta en la atención de enfermedades que se pueden prevenir con una adecuada educación ambiental.

---

<sup>1</sup> En el cuerpo del presente documento se utilizará el nombre de Sub-cuenca alta del río los Esclavos para una mejor comprensión e interpretación de la información.

La hipótesis de trabajo que orientó la investigación fue planteada indicando que **el nivel de contaminación del agua en la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos al año 2008, es elevado**, citando entre las principales razones contaminantes, la ampliación de la frontera agrícola, la deforestación, malas prácticas en la agricultura, el crecimiento demográfico, el flujo de desechos líquidos de los hogares y la agro industria. Estos además de afectar la calidad del recurso, han provocado la reducción de la cantidad y reducido sus funciones económicas y ecológicas, principalmente en la parte alta, teniendo como consecuencias el comprometer la estabilidad de los ecosistemas naturales así como la economía de la población que habita en este lugar.

Los objetivos planteados se establecieron en los términos siguientes: 1) Determinar la situación de la población debido a la contaminación del agua en la sub-cuenca alta del río de los Esclavos, al comparar las épocas de invierno y verano en relación a volumen, calidad, usos diversos y medir el impacto por la contaminación que posee. 2) Determinar el volumen de descargas de aguas servidas por municipio que llegan al afluente. 3) Determinar el volumen de agua que se consume por la agroindustria y el porcentaje que regresa a la cuenca. 4) Determinar potencialmente la pérdida de sustentabilidad y sostenibilidad de la sub-cuenca alta del Río Los Esclavos debido a la contaminación del agua. 4) Determinar a corto plazo la situación actual de la cuenca por medio de información directa y monofigura del lugar. 5) Despertar el interés de los alcaldes Municipales sobre la importancia que posee un afluente hidrográfico como lo es el río de los Esclavos.

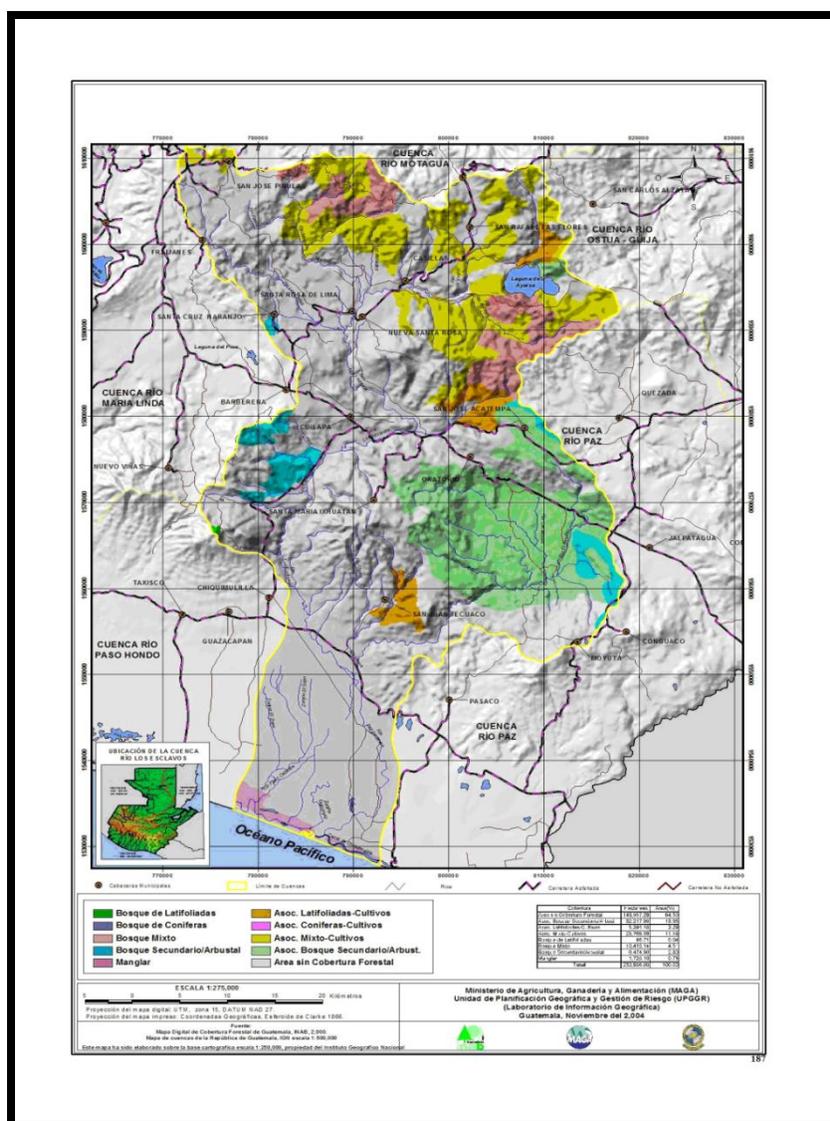
Los resultados de la investigación están integrados en el presente documento según el orden de cinco capítulos que se describen a continuación: Capítulo 1: contiene las características de la cuenca del río Los Esclavos y de la sub-cuenca alta, los aspectos geográficos y naturales, red hidrográfica y el entorno socio demográfico. Capítulo 2: esta integrado por los factores que inciden en la contaminación del agua, la presión que ejerce la población sobre los recursos naturales por medio de la expansión de la frontera agrícola, los vertederos a cielo abierto de desechos sólidos, los restos agroindustriales, los desfogues de aguas servidas, los diferentes usos y tipos de suelos. Capítulo 3: se muestran las variables relacionadas al tema de investigación, los instrumentos y procedimientos utilizados y por último el marco teórico. Capítulo 4: presenta resultados a los que se llegó al finalizar la investigación, que incluye la contaminación del agua, análisis bioquímicos del agua efectuados en los laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, parámetros indicadores de contaminación, el consumo de agua por los diferentes integrantes de la sub-cuenca, los efectos en la salud de las personas y por último la pérdida de sustentabilidad y sostenibilidad de área en estudio. Un Capítulo 5 que contiene el resultado del análisis y las medidas de mitigación que actualmente se están tomando, las propuestas de mitigación para frenar el deterioro ambiental.

## CAPÍTULO I:

### CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DEL RÍO LOS ESCLAVOS

El río Los Esclavos pertenece a la vertiente del Océano Pacífico, nace con el nombre de Río Grande en jurisdicción de Mataquescuintla, departamento de Jalapa, en todo su curso recibe multitud de afluentes, entre estos: Los ríos San Antonio, Tapalapa, San Juan, Los Achiotos, Pinula, Las Cañas, Molino, Utopa, Amapa, Panal, Frío, Margaritas y Paso Caballos. Descarga en el Canal de Chiquimulilla, próximo al océano Pacífico. Su longitud es de 144.8 kilómetros.

Mapa 1. Cuenca del Río Los Esclavos. Año 2008



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala.

Además de su ubicación geográfica, la cuenca tiene las características morfométricas que se resumen en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Características morfométricas de la cuenca del Río Los Esclavos**

**Año 2008**

<b>Descripción</b>	<b>Datos</b>	<b>Unidad de Medida</b>
Perímetro	294.4	Km.
Longitud de cauce principal	133.9	Km.
Radio de bifurcación	3.1	Km.
Longitud media de corrientes	7.5	Km.
Radio de longitud media	1.6	Km.
Longitud acumulada de corrientes	781.8	Km.
Área	2,309.4	Km <sup>2</sup>
Relación de forma	0.13	%
Relación circular	0.33	%
Índice de capacidad	1.72	%
Radio de elongación	0.40	Km.
Densidad de drenaje	0.34	Km/km <sup>2</sup>
Frecuencia de corriente	0.0450	No.corrs/km <sup>2</sup>
Pendiente media	256.3	m/km.
Pendiente media del canal principal	1.606%	Scp%
Elevación media	1,100	M
Coefficiente de relieve	4.39E-04	Rh.
Coefficiente de robustez	0.88	Rr.

**Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación de Guatemala.**

En materia de caudales, el Instituto Nacional de Electrificación, INDE, posee una estación hidrométrica situada en la aldea La Sonrisa del municipio de Cuilapa, Santa Rosa, la que dispone de datos históricos del caudal de los años de 1962 al año 2008, con los que se realizó el cuadro 2 y la figura 1.

**Cuadro 2. Caudales medio, máximo y mínimo mensual de la Cuenca del río Los Esclavos**

**Estación La Sonrisa. Promedio de los años de 1962 a 2008, cifras expresadas en metros cúbicos por segundo**

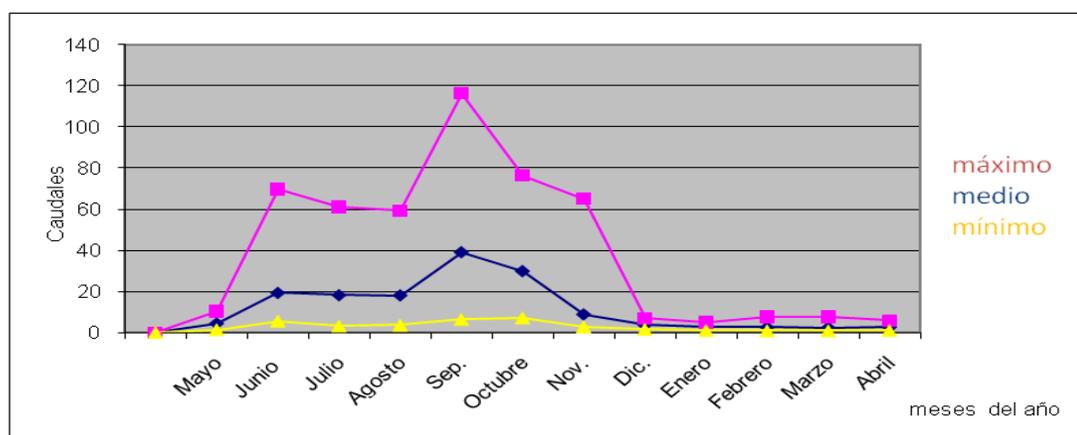
Caudal	May	Jn	Jl	Ag	Sep.	Oc	Nov.	Dic.	En	Feb.	Mz.	Ab.
Medio	4.49	19.3	18.22	18.13	39.1	29.9	8.9	3.73	2.83	2.59	2.41	2.62
Máximo	10.4	69.56	60.91	59.19	116	76.35	65.07	6.8	4.99	7.59	7.64	5.69
Mínimo	1.34	5.44	3.04	3.5	6.23	6.99	2.71	1.48	1.04	0.83	0.83	0.97

Fuente: Instituto Nacional de Electrificación, INDE.

Se observa que el caudal tiene un comportamiento estacional, siendo bajo en los meses de noviembre a abril por la ausencia de lluvia, con un valor medio en el mes de marzo de  $2.41 \text{ m}^3$  el máximo en ese mes ha sido de  $7.64 \text{ m}^3$ , mientras que el mínimo en ese mes ha sido de  $0.83 \text{ m}^3$ , durante el período estudiado. En los meses de lluvia, de mayo a noviembre, al elevarse el caudal este transporta sedimento, por un lado beneficia a la agricultura en la parte plana por la riqueza de nutrientes que arrastra, y por otra afecta debido a que se inundan con facilidad, mientras que la parte alta se degrada constantemente por efecto de la erosión hídrica, por lo quebrado de los terrenos.

**Figura 1. Caudales, medio, máximo y mínimo de la cuenca río Los Esclavos**

**Estación La Sonrisa. Promedio de los años de 1962 a 2008, cifras expresadas en metros cúbicos por segundo**



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Electrificación

La evapotranspiración representa la cantidad de agua que se pierde por concepto de evaporación y consumo por las plantas. Para la cuenca, en el cuadro 3 y figura 2 se presenta datos relacionados, según estación de Media Legua, Ixhuatán, Santa Rosa, localizada a 14°11' 28" de longitud y 90°15' 20" de latitud a una altura de 1,260 metros sobre el nivel del mar.

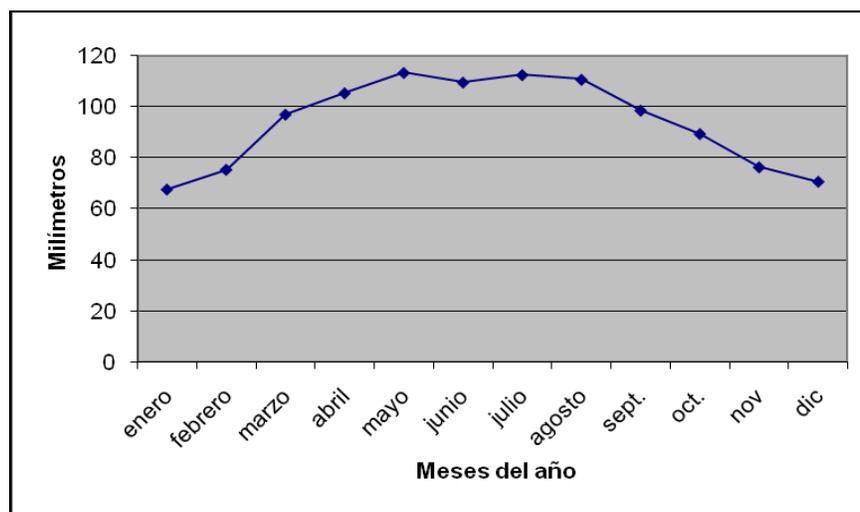
**Cuadro 3. Evapotranspiración potencial**

**Método de George Hargreaves. Datos expresados en milímetros. Año 2008**

MES	Mm./mes	Mm./día
Enero	67.58	2,18
Febrero	75.35	2,69
Marzo	96.95	3,13
Abril	105.34	3,51
Mayo	113.28	3,65
Junio	109.50	3,65
Julio	112.43	3,63
Agosto	110.61	3,57
Septiembre	98.52	3,28
Octubre	89.36	2,88
Noviembre	76.31	2,54
Diciembre	70.65	2,28
Total anual	1,125.88	

Fuente: Elaboración propia con datos de la estación meteorológica de Media Legua, INDE.

**Figura 2. Evapotranspiración cuenca Río Los Esclavos. Año 2008**



Fuente: Elaboración propia con datos de la estación meteorológica de Media Legua, INDE.

Los datos muestran que los meses de marzo a octubre existe mayor evapotranspiración. En los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre existe una menor evapotranspiración con 65 a 75 milímetros por mes.

## **1.1 SUB-CUENCA ALTA DEL RÍO LOS ESCLAVOS**

Es importante identificar las características de la sub-cuenca alta, para determinar las situaciones y hacer comparaciones en diferentes épocas, así como mostrar los resultados de la investigación.

### **1.1.1 Aspectos geográficos y naturales**

Se parte de una definición abstracta que subdivide la cuenca en tres franjas, diferenciadas principalmente por su altura a nivel del mar. La sub-cuenca alta, que es la zona objeto de estudio en la presente tesis, está comprendida por toda el área encima de los 933 metros sobre el nivel del mar. Administrativamente el área está comprendida en parte o en su totalidad de los municipios siguientes: Fraijanes y San José Pinula del departamento de Guatemala, Mataquescuintla del departamento de Jalapa; Santa Rosa de Lima, Nueva Santa Rosa, San Rafael Las Flores, Casillas y Santa Cruz Naranjo del departamento de Santa Rosa.

La Sub-cuenca presenta recursos naturales a elevaciones de mediana altura que comprenden desde los 933 a 1,500 metros sobre el nivel de mar, pertenece a un ramal de la Sierra Madre, en cada centro poblado recibe diferentes nombres, las que le dan una característica especial, entre las más importantes están: volcán de Jumaytepeque declarado como una zona de veda definitiva con 864 hectáreas y bioma predominante de selva subtropical húmeda, el que a la fecha de investigación, se encuentra cultivado con plantaciones de café, maíz y frijol, así como algunas parcelas de caña de azúcar y latifoliadas que son utilizadas como sombra de las plantaciones de café, producto de la expansión de la frontera agrícola, las especies que antiguamente habitaban, han ido desapareciendo por la intervención de los pobladores.

El cerro Redondo se localiza entre los municipios de Santa Cruz Naranjo y Barberena, lo considera la Comisión de Nacional de Áreas protegidas como selva subtropical húmeda con 366 hectáreas de naturaleza privada.

Además la fisiografía presenta barrancos profundos, empinados y colinas fuertemente onduladas; en los suelos Morán, Pinula y Fraijanes se aprecia el peligro por erosión. Entre los cultivos se observaron maíz y frijol, café de altura y mediana altura, existen también especies de fauna y flora como se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Especies de fauna y flora Sub-cuenca alta río los Esclavos

Año 2009

Nombre científico Flora	Nombre común	Nombre científico Fauna	Nombre común
Casuarina cf.	Equisetifolia	Sylvilagus floridanus	Conejos
Eucalyptus camaldulensis	Eucalipto	Sciurus vulgaris	Ardilla común
Pinus montezumae	Pino macho	Aratinga canicularis	Perica
Cupressus lusitanica	Ciprés	Columbina minuta	Tortolita
Erythrina rubrinervia	Silbador	Leptotila verreauxi	Paloma
Ceiba pentandra	Ceiba	Cassidix mexicanus	Sanate
Gliricidia sepium	Madre cacao	Ortalis vetula	Chachalaca
Cyclocarpum	Conacaste	Ameiva undulada	Ameiva borriquero
Jacaranda mimosifolia	Jacaranda	Silybum marianum	Sapo
Cedrela odorata	Cedro amargo	Bufo marinus	Pizote
Hymenaea courbaril	Guapinol	Nasua Larica	Gato de monte
Cordia alliodora	Laurel	Urocyon cinereoargenteus	Tepezcuintle
Tabebuia rosea	matilisguate	Agouti paca	Tacuazin
<b><u>Medicinales</u></b>		Didelphys marsupialis	Armadillo
Pimienta dioica	Pimienta gorda	Dasyurus novemcinctus	Zopilote
Lantana camara	Tres negritos	Coragyps atratus	Chorcha
Mimosa albida	Zarza dormilona	Icterus galbula	Mazacuata
Heliotropium indicum	Cola de alacrán	Boa constrictor	Coral
Acalypha guatemalensis	Hierba de cáncer	Micrurus nigrocinctus	Cascabel
Ruta chalapensis	Ruda	Crotalus durissus	Zumbadora
Chenopidium ambrosoides	Apazote	Clelia scytalina	Iguana
Yuca guatemalensis	Izote	Bufo canaliferus	Cantil de agua
<b><u>Otras especies</u></b>		Agkistrodon bilineatus	Mapache
Coffea arabica	Café	Porción sp	Comadreja
Citrus limon	Limón	Mustela frenata	
Citrus sinensis	Naranja		
Bixa orellana	Achiote		
Zea maiz	Maíz		
Phaseolus vulgaris	Frijol		
Musa sapientum	Banano		
Musa paradisiaca	Plátano		

Fuente: Elaboración propia según investigación de campo, durante el año 2009.

Las variedades de flora y fauna, se ven afectadas por la expansión de la frontera agrícola así como el incremento de la demografía, debido a que existe un promedio de 178.03 habitantes por Km<sup>2</sup> según información presentada en el apartado de aspectos socios demográficos.

### **1.1.2 Red hídrica**

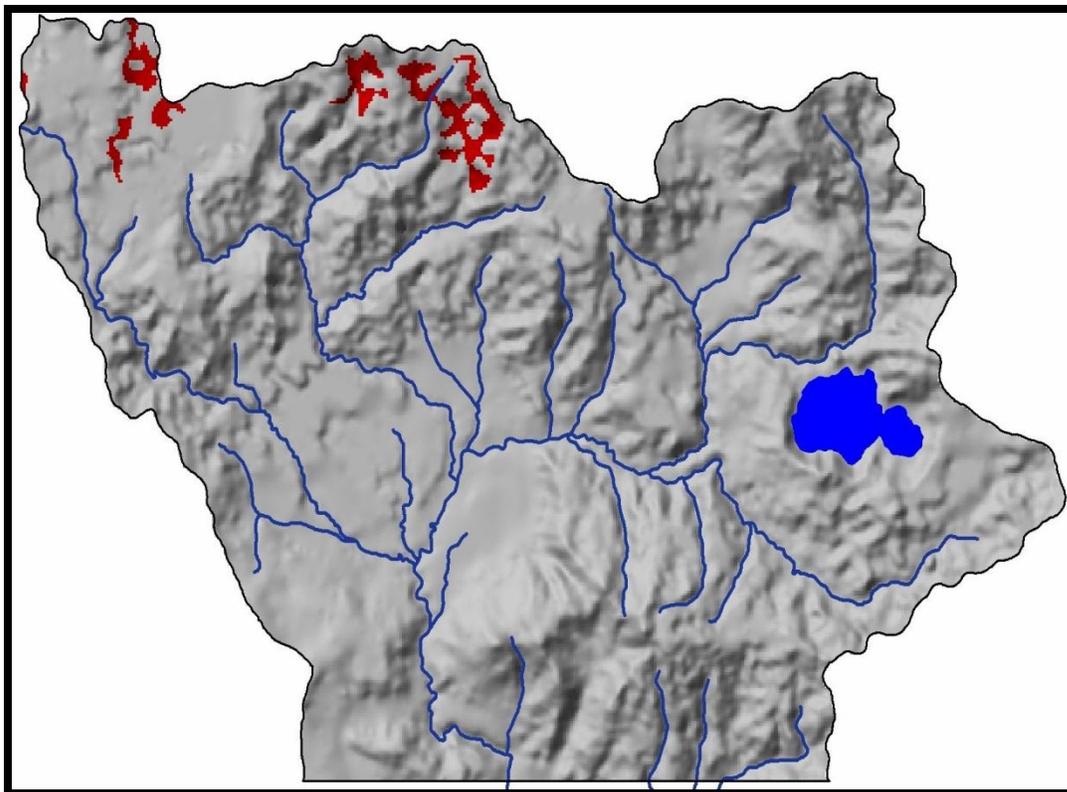
La red hídrica que se localiza en la sub-cuenca alta del río Los Esclavos es fundamental para la economía de los pobladores. El área está irrigada por afluentes que forman las micro cuencas de Las Cañas, Pinula o La Plata, Llano Grande, Quebrada de Agua, El Infiernillo, Las Minas, Belén, Tapalapa y San Antonio, todas tributarias del río de Los Esclavos, las condiciones que presenta por el mal manejo son: Escasez de agua en verano e incremento en invierno, con cantidades elevadas de sedimento producto de la contaminación por desagües de los diferentes centros poblados que se localizan dentro, restos de pesticidas, herbicidas, fertilizantes que los pobladores ocupan en sus labores agrícolas, se agregan desechos de agro industria beneficiado de café y producción de panela.

Otro recurso hídrico es la Laguna de Ayarza, que consiste en una caldera localizada entre los municipios de Casillas y San Rafael las Flores; en la actualidad no se reconoce como área protegida. La Laguna recibe aguas que escurren por las lluvias de las partes elevadas y no se visualiza salida superficial, es de saber que posee un drenaje subterráneo que provee de agua al casco urbano de Nueva Santa Rosa, Estanzuelas, Portezuelo Monteverde y Ojo de Agua por medio del nacedero el Pinalito. Entre las especies acuáticas se localiza el pez tilapia que sirve de alimento y para obtener ingresos menores de pobladores de la Aldea Ayarza que practican la pesca de forma artesanal.

En el mapa 2 se visualiza la red hídrica perteneciente a la sub-cuenca alta del río Los Esclavos: 1-Las Cañas, 2- Pinula, Negro o la Plata, 3- Los Vados 4-Tapala y 5- San Antonio, 6- Los Esclavos.

**Mapa 2. Red hidrográfica. Sub-cuenca alta del río Los Esclavos**

Año 2008



Fuente: Unidad Especial de Ejecución de Desarrollo Integral de cuencas Hidrofiguras UEEDICH – Dependencia del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.

Otro factor importante es la demografía localizada en el área de estudio, así como la extensión en hectáreas que conforman la sub-cuenca alta del río Los Esclavos, esta se visualiza en el cuadro 5 y mapa 3.

De acuerdo con la información del cuadro 5, el 17.5% de la superficie se localiza en los dos municipios del departamento de Guatemala, influenciados por la expansión de la frontera urbana de la metrópoli de la ciudad de Guatemala; el 8.5% se localiza en el municipio de Mataquescuintla, del departamento de Jalapa, cuya cabecera municipal se localiza en el parte aguas de la Cuenca; mientras que el 74% restante de la sub-cuenca alta se localiza en cinco municipios del departamento de Santa Rosa, observándose que tres de estos municipios tienen una superficie significativa, siendo estos Casillas, Santa Rosa de Lima y Nueva Santa Rosa.

Cuadro 5. Área por municipio, dentro de la sub-cuenca alta del Río Los Esclavos

Datos en hectáreas

Año 2008

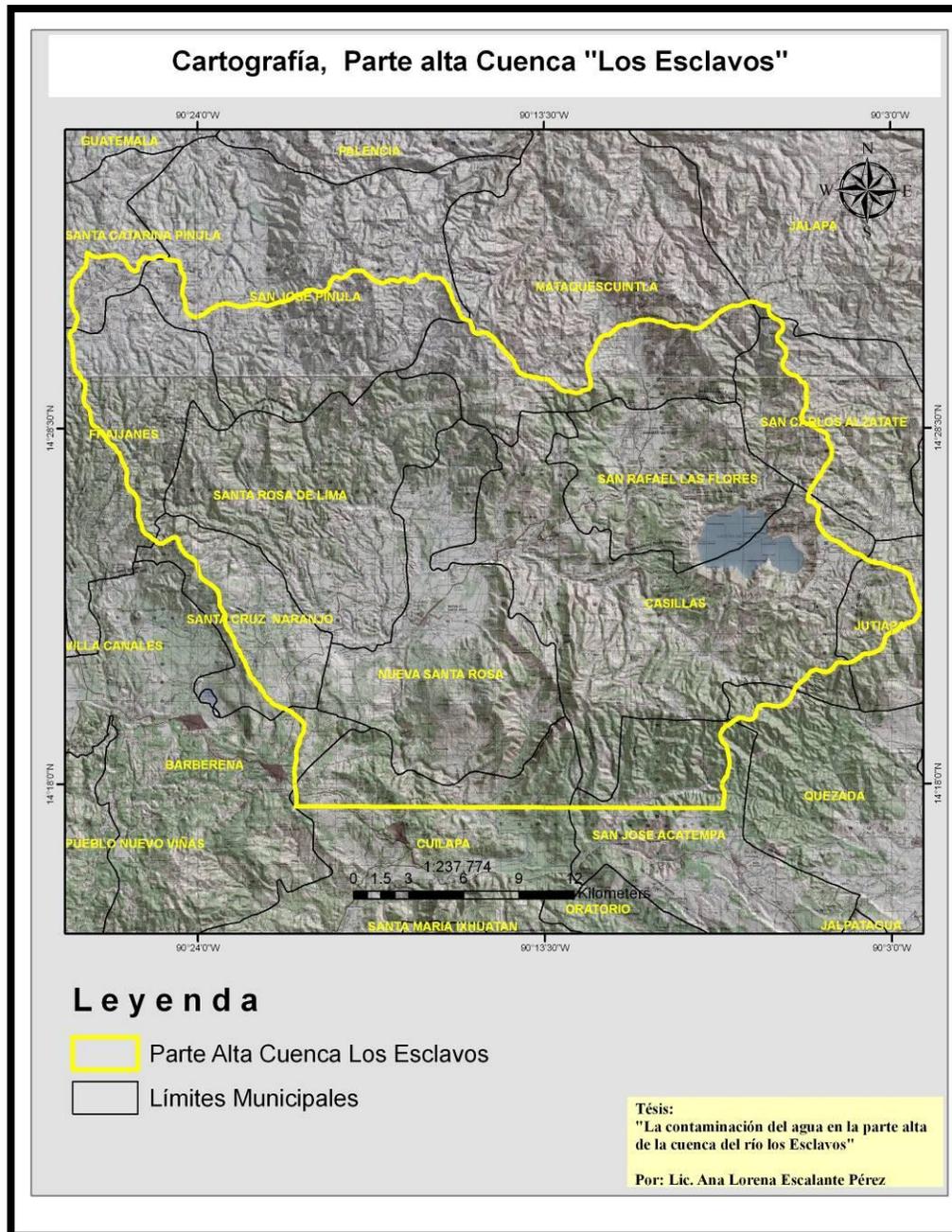
<b>Descripción</b>	<b>Superficie Total</b>	<b>Cantidad dentro de la cuenca</b>	<b>%</b>
<u>Guatemala</u>			
Fraijanes	9,100.00	5,858.57	7.37
San José Pinula	22,000.00	8,084.64	10.17
<u>Jalapa</u>			
Mataquescuintla	28,700.00	6,749.75	8.49
<u>Santa Rosa</u>			
Santa Rosa de Lima	13,420.72	13,420.72	16.89
Nueva Santa Rosa	13,215.51	13,215.51	16.63
San Rafael Las Flores	8,523.16	8,523.16	10.73
Casillas	20,931.18	19,466.22	24.50
Santa Cruz Naranjo	9,700.00	4,144.59	5.22
Totales	125,590.57	79,463.16	100

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística, XI Censo Nacional de Población.

En el mapa 3 se muestra el área de la sub-cuenca alta, según división política. de Guatemala.

Mapa 3. División política sub-cuenca alta río Los Esclavos

Año 2008

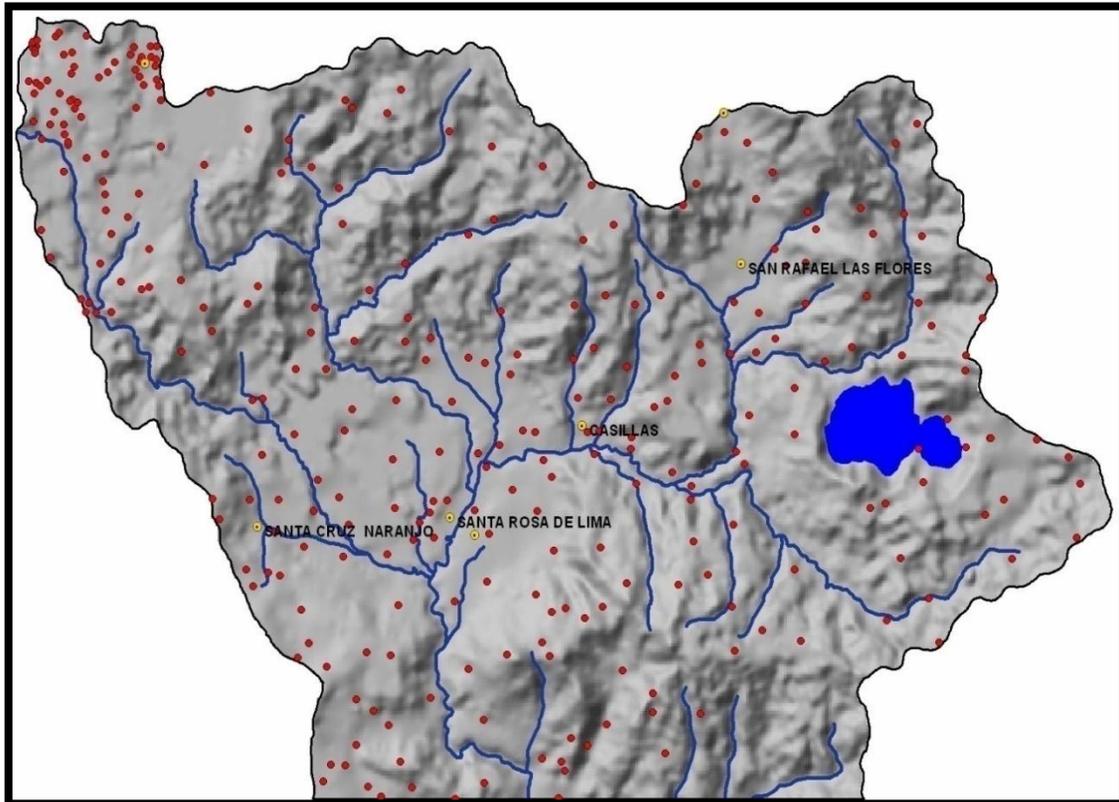


Fuente: Instituto Geográfico Nacional

El mapa 4, presenta la carga poblacional, en donde se marca con puntos rojos, los diferentes centros poblados que se localizan dentro de la sub-cuenca alta del río Los Esclavos.

**Mapa 4. Ubicación de centros poblados Sub-cuenca alta del Río Los Esclavos**

Año 2008



**Fuente:** Unidad Especial de Ejecución de Desarrollo Integral de cuencas Hidrofiguras UEEDICH  
Dependencia del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.

En el mapa 6 se visualiza que los centros poblados se localizan distribuidos en toda la sub-cuenca alta en estudio haciendo presión sobre los recursos naturales los que están siendo agotados, sin observarse esfuerzo por recuperar las funciones ambientales, áreas de bosques, control para animales en peligro de extinción; una de las áreas con mayor población esta representado en los municipios de Fraijanes y San José Pinula.

## 1.2 ENTORNO SOCIODEMOGRÁFICO

En este apartado se estudian los datos sociales y demográficos que influyen en la contaminación del agua en la sub-cuenca alta del río Los Esclavos.

### 1.2.1 Aspectos socio demográficos

De acuerdo con el cuadro 6 e información que reveló el censo de población y habitación, en el año 2002 habían en la sub-cuenca alta un total de 133,009 habitantes, esto refleja una densidad de población de 167.7 por kilómetro cuadrado. En la parte de Fraijanes y San José Pinula bajo influencia de la ciudad de Guatemala, es mucho mayor, 215.6 habitantes por km<sup>2</sup>, mientras que en el resto de municipios es menor, 150.8 habitantes por km<sup>2</sup>. La división política esta conformada por los centros poblados que pertenecen a los municipios en estudio, tal como se presenta en el cuadro 6.

**Cuadro 6. División política Sub-cuenca alta del río Los Esclavos**

**Año 2008**

Nombre	Categorías	Cantidad de lugares poblados	Población dentro de la cuenca	% dentro de la cuenca
Fraijanes	Pueblo	1	8,561	
	Aldeas	3	5,551	
	Caseríos	3	522	
	Colonias	3	615	
	Condominios	14	780	
	Fincas	25	1,088	
	Asentamiento		0	
	Otros	13	75	
	Población dispersa			
	Total.....			17,192
San José Pinula	Pueblo	1	12,235	
	Aldeas	2	7,849	
	Caseríos	4	3,126	
	Colonias	29	1,800	
	Fincas	39	2,250	
	haciendas	8	30	
	Población dispersa		89	
	Otros		29	
	Total.....			27,408

Mataquescuintla	Pueblo	1	2,794	
	Aldeas	3	3094	
	Caseríos	4	1103	
	Fincas	6	346	
	Cantón	1	0	
	Hacienda	2	0	
	parajes	1	0	5.5%
	Total.....		7,337	
Santa Cruz Naranjo	Pueblo	1	2,030	
	Aldeas	3	4,773	
	Caseríos	6	2,136	
	Fincas	7	497	
	Parajes	3	110	
	Granja	1		7.1%
	Otros	2		
	Total.....		9,546	
San Rafael Las Flores	Pueblo	1	2,427	
	Aldeas	9	4,085	
	Caseríos	12	2,345	
	Fincas	4	204	
	Población dispersa		17	
	Total.....		9,078	6.8%
Casillas	Pueblo	1	2,591	
	Aldeas	8	8,340	
	Caseríos	28	6,792	
	Fincas	15	1,051	
	Población dispersa		86	
	parajes	6	112	
	Total.....		18,972	14.2%
Santa Rosa de Lima	Pueblo	1	2,232	
	Aldeas	9	6,028	
	Caseríos	22	6,205	
	Fincas	6	253	
	Población dispersa		105	
	Total.....		14,823	11.1%
Nueva Santa Rosa	Pueblo	1	4,606	
	Aldeas	8	10,965	
	Caseríos	26	12,368	
	Fincas	7	638	
	Población dispersa		76	
	Total.....		28,653	21.5%
Gran total		133,009	100%	

**Fuente: Elaboración propia con datos del XI censo nacional y VI de habitación del Instituto Nacional de Estadística.**

Se observa que la población se localiza distribuida en el área rural de todos los municipios estudiados los que representan un 82% y un 18% en el área urbana, mientras que los servicios públicos se concentran en las Cabeceras Municipales, esto representa una deficiencia en la administración pública, debido a que el mayor porcentaje de la población carece de elementos esenciales para disponer de una vida digna.

Esta variable es importante debido a que alrededor de ella giran otras que complementan el bienestar de las personas, en donde se identifican características como edad, sexo, pertenencia étnica y otras que se describen en los cuadros 7 al 10.

**Cuadro 7. Población según edad. Sub-cuenca alta río Los Esclavos**

**Años 1994 y 2002**

Descripción	1994				2002			
	Total	0-14	15-64	65 a más	Total	0-14	15-64	65 a más
Fraijanes	9,613	4,032	5,223	358	17,192	6,327	10,258	607
San José Pinula	14,193	6,157	7,544	492	27,408	11,221	15,271	916
Santa Cruz Naranjo	7,888	3,433	3,968	487	9,546	3,744	5,197	605
Mataquesuintla	5,978	2,834	2,890	254	7,337	3,240	3,685	412
San Rafael las Flores	6,192	2,751	3,120	321	9,078	4,076	4,529	473
Casillas	15,396	7,140	7,611	645	18,972	6,983	11,320	669
Santa Rosa de Lima	11,677	5,095	6,025	557	14,823	5,455	8,845	523
Nueva Santa Rosa	24,402	10,752	12,476	1,174	28,653	10,545	17,097	1011
<b>Totales</b>	<b>95,339</b>	<b>42,194</b>	<b>48,857</b>	<b>4,288</b>	<b>133,009</b>	<b>51,591</b>	<b>76,202</b>	<b>5216</b>
	100%	44.26%	51.24%	4.50%	100%	38.78%	57.29%	3.93%

Fuente: Elaboración propia con datos del XI censo nacional y VI de habitación del Instituto Nacional de Estadística y Ministerio de Agricultura y Alimentación de Guatemala.

El cuadro 7 refleja que del año 1994 al 2002 ha existido una variación de cambios en la edad reproductiva comprendida entre menores de 0 a 14 años, así como un incremento en la población productiva de un 6.05%.

**Cuadro 8. Población según sexo. Sub-cuenca alta río Los Esclavos Años 1994 y 2002**

Descripción	1994			2002		
	Total	Masculino	Femenino	Total	Masculino	Femenino
Fraijanes	9,613	4,746	4867	17,192	8,868	8324
San José Pinula	14,193	6,980	7213	27,408	13,492	13916
Santa Cruz Naranjo	7,888	3,936	3952	9,546	4,787	4,759
Mataquesuintla	5,978	3,011	2967	7,337	3,641	3696
San Rafael Las Flores	6,192	3,200	2992	9,078	4,614	4464
Casillas	15,396	7,807	7589	18,972	9,787	9,185
Santa Rosa de Lima	11,677	5,907	5770	14,823	7,290	7,533
Nueva Santa Rosa	24,402	12,061	12,341	28,653	13,954	14,699
<b>Totales</b>	<b>95,339</b>	<b>47,648</b>	<b>47,691</b>	<b>133,009</b>	<b>66,433</b>	<b>66,576</b>
	<b>100%</b>	<b>49.97%</b>	<b>50.03%</b>	<b>100%</b>	<b>49.94%</b>	<b>50.06%</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del XI censo nacional y VI de habitación del Instituto Nacional de Estadística y Ministerio de Agricultura y Alimentación de Guatemala.

Con respecto al sexo de las personas no existe una marcada diferencia, debido a que para el año de 1,994 se dio un incremento del 0.06% para el año 2002 un valor de 0.12%.

**Cuadro 9. Población según área geofigura. Sub-cuenca alta río Los Esclavos**

Años 1994 y 2002

Área geofigura	1994			2002		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Fraijanes	9,613	616	8997	17,192	10,894	6,298
San José Pinula	14,193	2,676	11,517	27,408	20,760	6,648
Santa Cruz Naranjo	7,888	1,360	6,528	9,546	4,295	5,251
Mataquesuintla	5,978	1,230	4,748	7,337	2,794	4,543
San Rafael Las Flores	6,192	1,872	4,320	9,078	2,427	6651
Casillas	15,396	1,836	13560	18,973	5,568	13405
Santa Rosa de Lima	11,677	1,609	10,068	14,823	4,394	10,429
Nueva Santa Rosa	24,402	4,398	20,004	28,652	8,231	20,421
	<b>95,339</b>	<b>15,597</b>	<b>79,742</b>	<b>133,009</b>	<b>59,363</b>	<b>73,646</b>
	<b>100%</b>	<b>16.36%</b>	<b>83.64%</b>	<b>100%</b>	<b>44.63%</b>	<b>55.37%</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del XI censo nacional y VI de habitación del Instituto Nacional de Estadística y Ministerio de Agricultura y Alimentación de Guatemala.

Según el cuadro anterior la población rural corresponde un 83.64% para el año 1994, mientras que para el 2002 representa un 73.37%, esto producto de la urbanización en los municipios de Fraijanes y San José Pinula este fenómeno se da por lo cercano de la Ciudad Capital debido a que se localizan a 22 y 28 kilómetros de distancia respectivamente.

**Cuadro 10. Población según grupo étnico. Sub-cuenca alta río Los Esclavos**

**Años 1994 y 2002**

Descripción	Total	1994		2002		
		Indígena	No Indígena	Total	Indígena	No Indígena
Fraijanes	9,613	377	9,236	17,192	731	16,461
San José Pinula	14,193	296	13,897	27,408	789	26,619
Santa Cruz Naranjo	7,888	142	7,747	9,546	151	9,395
Mataquescuintla	5,978	177	5,800	7,337	34	7,303
San Rafael Las Flores	6,192	25	6,167	9,078	55	9,023
Casillas	15,390	131	15,265	18,973	5	18,968
Santa Rosa de Lima	11,677	197	11,480	14,823	157	14,666
Nueva Santa Rosa	24,402	296	24,106	28,652	3,726	24,926
<b>Totales</b>	<b>95,339</b>	<b>1,641</b>	<b>93,698</b>	<b>133,009</b>	<b>5,648</b>	<b>127,361</b>
	<b>100%</b>	<b>2%</b>	<b>98%</b>	<b>100%</b>	<b>4%</b>	<b>96%</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del XI censo nacional y VI de habitación del Instituto Nacional de Estadística y Ministerio de Agricultura y Alimentación de Guatemala.

La población que vive en el área de estudio, representa un 98% ladina, el restante 2% representa personas de origen indígena, que han inmigrado para la tapisca de café maduro, de los cuales algunos han optado por establecerse de forma permanente. En el área, el grupo de origen Xinca, no se presenta, debido a que el censo de población de 1994 no los reflejó en sus estadísticas, mientras que en el año 2002, localizó 3,402 personas de este origen la mayoría asentados en las aldeas Jumaytepeque, Los Izotes y Pueblo Nuevo del municipio de Nueva Santa Rosa en donde se incrementa al 4% la población indígena.

## CAPÍTULO II

### FACTORES QUE INCIDEN EN LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

En este capítulo se abordan los factores que inciden en la contaminación del agua como los que se mencionan a continuación: la presión de la población sobre los recursos naturales, expansión de la frontera agrícola, contaminación por desechos sólidos, desechos agroindustriales, contaminación por aguas servidas, por el uso de los suelos y por último los tipos de suelos.

#### 2.1 PRESIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LOS RECURSOS

La presión que existe sobre los recursos naturales se ha generado debido a que existe un crecimiento poblacional desmedido así como por las actividades económicas que estos ejercen lo que ha contribuido para que la sub-cuenca tenga cambios significativos, debido a que existe una mayor cantidad de desechos sólidos y aguas servidas que alteran las condiciones naturales como hidrografía, desgaste de suelos, disminución de fauna y flora del área en estudio. A continuación se presenta los datos de población donde se visualiza este fenómeno.

**Cuadro 11. Proyección de población. Sub-cuenca alta río Los Esclavos**

**Año 2009**

<b>Municipio</b>	<b>1994</b>	<b>2002</b>	<b>Proyección 2009</b>	<b>% de incremento*</b>
Fraijanes	9,613	17,192	26,220	53
San José Pinula	14,193	27,408	43,309	58
Santa Cruz Naranjo	7,888	9,546	11,908	25
Mataquesuintla	5,978	7,337	9,233	26
San Rafael Las Flores	6,192	9,078	11,451	26
Casillas	15,396	18,972	19,612	3
Santa Rosa de Lima	11,677	14,823	20,967	41
Nueva Santa Rosa	24,402	28,653	35,052	22
<b>Totales</b>	<b>95,339</b>	<b>133,009</b>	<b>177,752</b>	<b>32%</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos de los censos de población de 1994 y 2002 del Instituto Nacional de Estadística de Guatemala.

\*La relación que se presenta en el % de incremento es el año base 2009 dentro del año 2002

Se aprecia que las proyecciones de población para el año 2009, con base a datos del X y XI censos de población, se han incrementado, especialmente en el municipio de San José Pinula, debido a que ha existido urbanización, y de la Ciudad Capital han emigrado, extendiéndose la habitación popular, condominios y colonias en general. Es de resaltar que los municipios que ejercen presión por tener un mayor número de población son Nueva Santa Rosa, Casillas, San José Pinula y Fraijanes, el dato refleja que en estos municipios existen 215 habitantes por kilómetro cuadrado.

## 2.2 EXPANSIÓN DE LA FRONTERA AGRÍCOLA

Los problemas ambientales generados por las actividades agropecuarias y por el avance de la frontera agrícola, implica la sustitución de vegetación original y reemplazo con cultivos permanentes y temporales, se muestra en el cuadro 12 que disminuyó la cobertura boscosa, montes y matorrales en 13,464 hectáreas en 14 años, lo que dio paso a cultivos anuales como el café con 9,210 hectáreas, el sistema productivo de café bajo sombra que prevalece en el área, mitiga la erosión de los suelos y permite la presencia de buena biodiversidad, no así los cultivos limpios no toleran competencia de estos asociados. No obstante el sistema productivo de café ejerce otro tipo de contaminación que contribuye a incrementar la calidad del agua de la sub-cuenca, derivado del uso de fertilizantes y pesticidas que se utilizan en el área de estudio y que la erosión que se manifiesta arrastra estos químicos a los afluentes, tanto como los desechos por beneficiado los que se abordan en otro apartado adelante.

**Cuadro 12. Utilización de los suelos. Sub-cuenca alta del río Los Esclavos**

**Años 1979, 1994, 2009**

Descripción	Hectáreas	Hectáreas	Hectáreas
	1979	1994	2009
Cultivos permanentes café	24,371	28,300	33,581
Montes y bosques	24,679	24,163	21,661
Arbustos y matorrales	24,169	20,019	13,723
Granos básicos	3,500	5,200	8,172
Pastos	2,400	1,500	1,991
Hortalizas	154	120	194
Frutales	140	121	81
Otras	40	40	60
Totales	<u>79,463</u>	<u>79,463</u>	<u>79,463</u>

Fuente: Elaboración propia investigación de campo y datos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación de Guatemala

## 2.3 DESECHOS SÓLIDOS

Los centros poblados que se localizan dentro de la sub-cuenca no disponen de forma adecuada debido a que únicamente en 6 de los municipios estudiados se localizan botaderos municipales a cielo abierto<sup>11</sup>. Con frecuencia se observan basureros clandestinos en el área urbana y rural, produciendo malestar a los pobladores que se ven propensos a sufrir enfermedades. Muchos de estos sitios están colindantes con fuentes de agua que se contaminan por escurrimiento y por traslado de restos en el período de lluvia. El cuadro 13 presenta las diferentes formas en que la población se deshace de los desechos sólidos, según lo reportado por el censo de población del año 2002 y la investigación de campo según encuesta realizada en el año 2009.

**Cuadro 13. Forma de tratamiento de la basura según censo de población 2002 y encuesta 2009**

### Sub-cuenca alta del río Los Esclavos

Descripción Censo 2002	Hogares	Servicio Municipal	Servicio Privado	Queman	Tiran cualquier lugar	Entierran	Otra forma
Fraijanes	1,786	963	309	312	110	45	47
San José Pinula	1,283	229	425	278	187	58	106
Santa Cruz	1,137	58	29	498	301	130	121
Naranjo	1,104	25	142	340	389	108	100
Mataquesuintla							
San Rafael Las Flores	1,831	4	86	593	901	235	12
Casillas	2,850	32	187	1,178	1,167	234	52
Santa Rosa de Lima	3,096	9	7	1,616	1,108	194	162
Nueva Santa Rosa	5,913	321	183	2,810	1,971	541	87
<b>Totales</b>	<b>19,000</b>	<b>1,641</b>	<b>1,368</b>	<b>7,625</b>	<b>6,134</b>	<b>1,545</b>	<b>687</b>

<sup>11</sup> Al momento de la entrevista, noviembre de 2008, ningún poblado disponía de un sitio adecuado para los desechos sólidos, debido a que se utilizan botaderos a cielo abierto. Para el inicio del año 2010 la municipalidad de Nueva Santa Rosa ha construido un sitio adecuado que a la fecha (julio 2010), no ha entrado en funcionamiento.

	100%	8.63%	7.2%	40.13%	32.28%	8.14%	3.62%
<b>INVESTIGACION DE CAMPO 2009</b>							
Fraijanes	49	4	11	10	12	9	3
San José Pinula	80	14	25	22	8	6	5
Santa Cruz	27	3	2	11	7	2	2
Naranjo	19	4	2	5	4	3	1
Mataquescuintla							
San Rafael Las Flores	27	6	5	8	5	1	2
Casillas	54	12	7	14	9	7	5
Santa Rosa de Lima	42	7	9	9	12	3	2
Nueva Santa Rosa	84	9	14	23	24	8	4
<b>Totales</b>	<b>382</b>	<b>61</b>	<b>75</b>	<b>102</b>	<b>81</b>	<b>39</b>	<b>24</b>
	<b>100%</b>	<b>16%</b>	<b>20%</b>	<b>27%</b>	<b>21%</b>	<b>10%</b>	<b>6%</b>

Fuente: censo de población del año 2002 de Instituto Nacional de Estadística e investigación propia.

Se observó que una de las formas de deshacerse de la basura es lanzándolas a las laderas de los ríos que atraviesan los centros poblados, el censo lo refleja como otra forma, la que representa un 4%, mientras que el 16% son personas que utilizan el servicio municipal y privado, al ser investigados únicamente la trasladan de los hogares hacia los botaderos municipales, y el resto la deja al intemperie para secarla, luego es quemada y por último existe un 32% de hogares que la depositan en cualquier lugar.

Con respecto a la muestra obtenida (ver cuadro 13) se observa que la deficiencia persiste debido a que el mayor porcentaje de personas utilizan la modalidad de quemar los restos sin clasificarla en los traspatios de los hogares, el 21% la tira en cualquier lugar e incrementa la contaminación ambiental del área en estudio, con respecto al servicio municipal se localiza un tren de aseo únicamente en los parques centrales y mercados de cada localidad, la que es trasladada al botadero municipal, para luego contaminar los ríos y fuentes de agua de la zona.

## **2.4 DESECHOS AGROINDUSTRIALES**

El café constituye el principal cultivo de la sub-cuenca. Para su procesamiento se requiere de beneficiado húmedo y seco. Por medio de conteo personal efectuado durante el trabajo de

investigación de campo se identificó que existen 38 instalaciones en esta zona. El proceso de beneficiado húmedo exige que por cada quintal de café procesado se utilicen 300 litros de agua según información proporcionada por ANACAFE, esta agua no reciben tratamiento, al regresar disueltas con las mieles y pulpa a las corrientes de los ríos en donde se intuye que se incrementa la contaminación, se acelera la demanda química y bioquímica de oxígeno y causa externalidades negativas a la población usuaria o potencialmente usuaria aguas abajo.

Según datos de la Asociación Nacional del Café, anualmente en la zona se producen aproximadamente 617,798 quintales de café oro, equivalentes a 4<sup>1</sup>015,685 de maduro lo que significa que se demanda un total 1<sup>2</sup>04,705 metros cúbicos de agua que sin tratamiento se deposita en los cauces de los ríos. Esa contaminación consiste en aguas mieles y pulpa de café, proceso que ocurre en un período que va de octubre a abril de cada año, afectando significativamente la calidad del agua de los ríos datos que se pueden observar en el cuadro 14.

**Cuadro 14. Agua utilizada para el beneficiado húmedo de café.**

**Sub-cuenca alta río Los Esclavos**

**Año 2008**

<b>Lugar</b>	<b>Cantidad de Beneficios</b>	<b>Quintales* de café maduro cosechados</b>	<b>Quintales* de Café pergamino</b>	<b>Quintales Producidos Café oro</b>	<b>Quintales Desechos Sólidos y miel de café</b>	<b>Agua utilizada (en litros)</b>
Fraijanes	6	140,640	28,128	21,637	119,003	42,192,000
San José Pinula	2	41,990	8,398	6,460	35,350	12,597,000
Santa Cruz Naranjo	3	284,310	56,862	43,740	20,570	85,293,000
Mataquesuintla	8	795,593	159,119	122,399	673,194	238,677,900
San Rafael Las Flores	4	471,640	94,328	72,560	399,080	141,492,000
Casillas	5	557,908	111,582	85,832	472,076	167,372,400
Santa Rosa de Lima	4	828,262	165,652	127,425	700,837	248,478,600
Nueva Santa Rosa	6	895,342	179,068	137,745	757,597	268,602,600
<b>Totales</b>	<b>38</b>	<b>4,015,685</b>	<b>803,137</b>	<b>617,798</b>	<b>3,177,707</b>	<b>1,204,705,500</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos de trabajo de campo y Asociación Nacional del café de Guatemala año 2008.

\*La relación que se tomó en cuenta por cada quintal de café pergamino se utilizan cinco de maduro y por cada quintal de oro 1.3 de pergamino.

La contaminación de las aguas por la agroindustria de beneficiado de café se concentra en los municipios de Mataquescuintla, Casillas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa de Lima y San Rafael las Flores.

## 2.5 CONTAMINACIÓN POR AGUAS SERVIDAS

Para determinar esta clase de contaminación se realizó una medición de los volúmenes de descargas de aguas servidas de las Cabeceras Municipales que se localizan en la sub-cuenca alta del río Los Esclavos, esta medición consiste en hacer llegar la corriente a un depósito o recipiente conocido y medir el tiempo que tarda en llenarse, la realización de estos aforos permite determinar que instancias son responsables de la contaminación del agua de la cuenca, dado que estas descargas no siempre están recibiendo tratamiento previo..

**Cuadro 15. Aforos volumétricos de las descargas de aguas servidas de las cabeceras municipales**

Sub-cuenca alta del río Los Esclavos, Año 2009

Descripción	Aforos	Medida
Mataquescuintla	7	galones por segundo
San Rafael Las Flores	6	galones por segundo
Casillas	7	galones por segundo*
Santa Rosa de Lima	6	galones por segundo
Nueva Santa Rosa	9	galones por segundo
Fraijanes	30	galones por segundo**
San José Pinula	10	galones por segundo***
Total	75	galones por segundo

Fuente: elaboración propia con datos de investigación de campo

### Notas:

\*En este Municipio existe una piscina de recolección de desechos sólidos, la que es monitoreada por un guardián encargado. Se observó que existe maíz sembrado alrededor, el que no es suficiente para retener y filtrar los drenajes, debido a que por los extremos existe una corriente que traslada las aguas servidas al río.

\*\*En el municipio de Fraijanes, el río Chocolate recibe las aguas servidas de dos condominios, un rastro y el centro preventivo de Pavón, las aguas de este desaguan en el río las Cañas y posteriormente al de los Esclavos. Además, el municipio de Fraijanes cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas servidas cuyos drenajes se canalizan a la cuenca vecina del río Aguacapa.

\*\*\* Dato estimado de las descargas de la cabecera municipal de San José Pinula, basada en observaciones y opinión del señor Enrique Castro, quien funge como síndico primero en la Municipalidad, puesto que por la disposición de la descarga no fue posible efectuar la medición.

La medición se realizó en época de verano (marzo 2009). En invierno el caudal se incrementa considerablemente, ya que en ninguna de estas localidades existe la separación de aguas pluviales y servidas.

Respecto a la forma en que los habitantes se deshacen de las aguas servidas, el censo de población y habitación del 2002 recabó información al respecto. Mostrando que predomina el pozo ciego el 49% de hogares, el 13% disponen de drenaje, 9% fosa séptica, el 17% excusado lavable sin conexión a drenaje, únicamente a flor de tierra, mientras que el 12% no tenían servicio alguno.

**Cuadro 16. Forma de deshacerse de las aguas servidas en los hogares según censo 2002 e investigación de campo Año 2009**

Descripción	Total hogares	Con drenaje	Fosa séptica	Excusado Lavable Sin conexión a drenaje	Pozo ciego	Ningún servicio
<b>CENSO 2002</b>						
Fraijanes	1,786	378	454	138	763	53
San José Pinula	1,283	443	167	179	365	129
Santa Cruz Naranjo	1,137	45	98	345	468	181
Mataquescuintla	1,104	331	145	157	280	191
San Rafael Las Flores						
Casillas	1,831	269	79	177	1,122	184
Santa Rosa de Lima	2,850	278	204	705	1,029	634
Nueva Santa Rosa	3,096	218	226	573	1771	308
	5,913	550	246	928	3,575	614
<b>Totales</b>	<b>19,000</b>	<b>2,512</b>	<b>1,619</b>	<b>3,202</b>	<b>9,373</b>	<b>2,294</b>
	<b>100%</b>	<b>13.22%</b>	<b>8.52%</b>	<b>16.85%</b>	<b>49.33%</b>	<b>12.08%</b>
<b>INVESTIGACIÓN DE CAMPO 2,009</b>						
Fraijanes	49	13	11	4	19	2
San José Pinula	80	49	6	7	15	3
Santa Cruz Naranjo	27	7	8	4	6	2
Mataquescuintla	19	5	6	3	4	1
San Rafael Las Flores						

Casillas	27	8	4	9	5	1
Santa Rosa de Lima	54	21	14	6	11	2
Nueva Santa Rosa	42	7	5	12	13	5
	84	32	10	13	22	7
<b>Totales</b>	<b>382</b>	<b>142</b>	<b>64</b>	<b>58</b>	<b>95</b>	<b>23</b>
	<b>100%</b>	<b>37.17%</b>	<b>16.75%</b>	<b>15.18%</b>	<b>24.88%</b>	<b>6.02%</b>

Fuente: Censo de población 2002 del Instituto Nacional de Estadística e investigación de campo.

En encuesta levantada para el presente estudio (referencia cuadro 16) se observa que el 37% de los hogares posee drenaje, 17% disponen de fosa séptica, sumando 54% con servicio en la vivienda de forma adecuada; el 15% excusado lavable que generalmente corresponden a instalaciones ubicadas cercanas a los ríos, riachuelos y hondonadas que únicamente conectan un tubo de PVC directamente a las corrientes de agua; el 6% de los hogares no dispone de servicio sanitario.

En fotografías de anexo 6 se muestran las formas de desfogue de las aguas servidas de los drenajes de los cascos urbanos del área en estudio.

## **2.6 USO DE LOS SUELOS**

Uno de los factores importantes que inciden en la degradación del suelo y de las cuencas lo constituyen el cambio de uso y la sobre utilización del mismo, provocado por una mayor intensidad y debido a que no se respeta el uso de acuerdo con su capacidad.

### **2.6.1 Capacidad de uso de los suelos**

La clasificación según capacidad de uso es un ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo, fundamentado en la aptitud natural que presenta el suelo para producir constantemente bajo tratamiento continuo y usos específicos, este ordenamiento proporciona información básica que muestra la problemática de los suelos bajo los aspectos de limitaciones de uso, necesidades y prácticas de manejo que requieren y también suministrar elementos de juicio necesarios para la formulación y programación de planes integrales de desarrollo agrícola.

Las divisiones o grupos de capacidad son cuatro y constituyen la más alta categoría del sistema. Estas son: a) Tierras apropiadas para cultivos intensivos y otros usos (clases agrológicas I y II);

b) Tierras apropiadas para cultivos permanentes, pastos y aprovechamiento forestal (clases agrológicas III a VI); c) Tierras marginales para uso agropecuario, aptas generalmente para el aprovechamiento forestal (clase agrológicas VII); d) Tierras no apropiadas para fines agropecuarios ni explotación forestal <sup>12</sup>(clase agrológica VIII).

De acuerdo con el mapa 5 de capacidad de uso del suelo en la sub-cuenca alta del río Los Esclavos no existen las clases agrológicas I y II, sino solamente cinco (de la III a la VIII). La más importante en superficie es la VII (72%), seguida de la III (12%), luego la VI (10%), la clase agrológica VIII (5%), y por último la clase agrológica IV (1%).

La principal capacidad de uso de los suelos pertenece a la clase VIII siendo aptas para fines de producción forestal, puesto que el relieve es quebrado con pendientes inclinadas, localizadas en toda el área de la sub-cuenca alta.

La clase agrológica III, comprende tierras cultivables con medianas limitaciones para producción agrícola. Puede ser aprovechada para cultivos temporales, con varias cosechas en el año, debido a que su fisiografía es casi plana, en donde se pueden implementar sistemas de riego e invernaderos desarrollando algunas prácticas de conservación de suelos.

La mayor extensión de esta clase se encuentra localizada en el lugar que localmente se le conoce como el Valle en las jurisdicciones municipales de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa de Lima; la otra región importante es un valle localizado en San Rafael Las Flores. Estos están subutilizados, debido a que en su mayor parte se cultiva café. Algunas fincas siembran caña de azúcar, maíz, frijol y hortalizas (una finca multifamiliar utiliza riego por goteo para siembra de chile pimiento, cebolla, tomate y otras hortalizas).

La clase VI tiene una participación del 10% de superficie de la sub-cuenca, constituyen tierras no cultivables, salvo para cultivos perennes, principalmente para producción forestal o sistemas silvopastoriles. Posee severas limitaciones por lo escarpado de sus terrenos, poca profundidad y pedregocidad. Se pueden cultivar con técnicas adecuadas como barreras vivas y terrazas; la productividad es medianamente baja.

---

<sup>12</sup> Datos obtenidos del Instituto Nacional de Bosques de Guatemala.

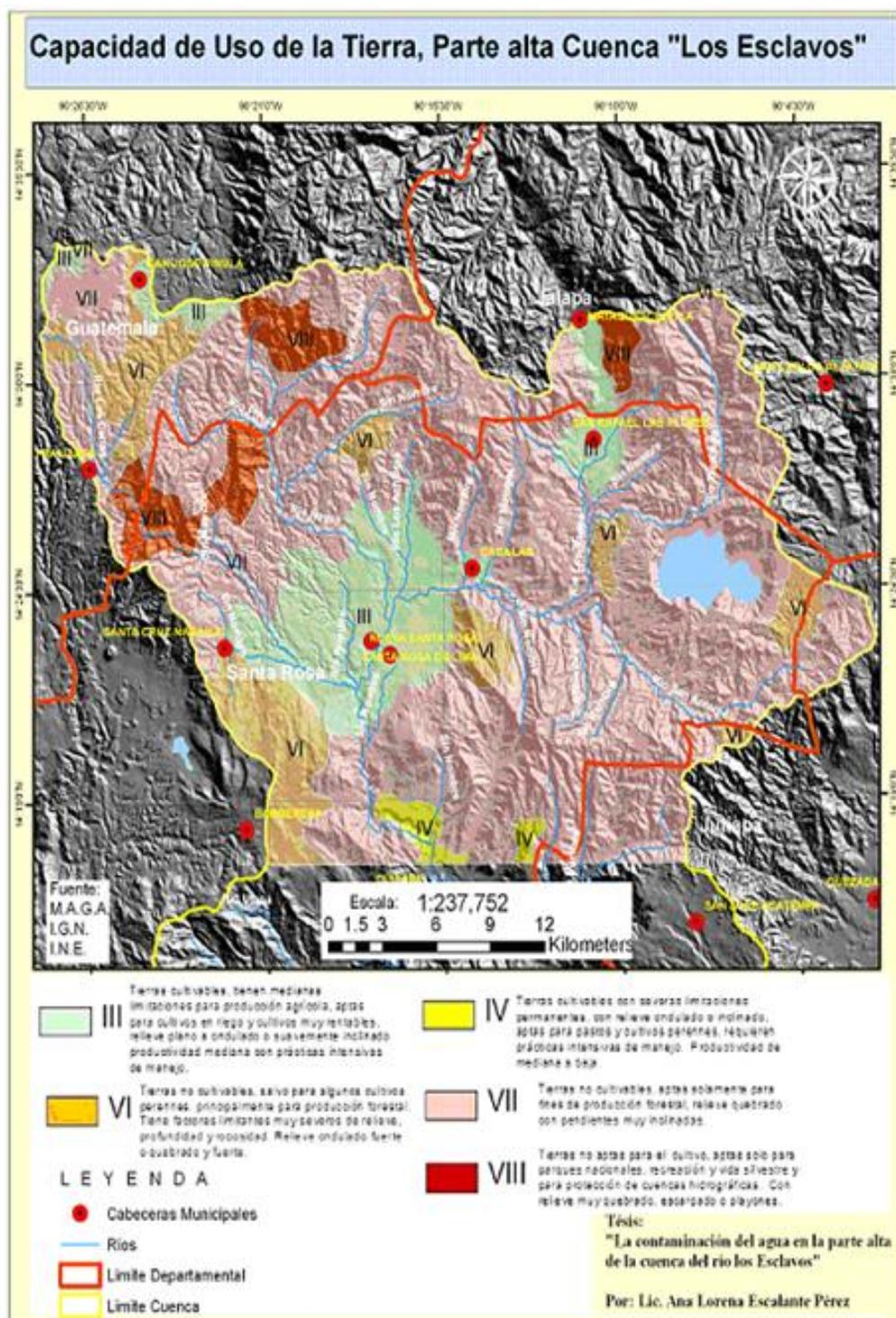
Estas son localizadas en San José Pínula, del departamento de Guatemala, en las riveras de la laguna de Ayarza entre Casillas y San Rafael Las Flores así como una parte en Santa Cruz Naranjo.

La clase VIII comprende un 5% de la superficie de la sub-cuenca. Son suelos apropiados para parques nacionales, recreación, vida silvestre y protección de cuencas hidrofiguras, por su relieve quebrado y escarpado. Se localizan en Mataquescuintla, Fraijanes y San José Pinula.

La clase IV comprende escasamente un 1% de la superficie de la sub-cuenca, son tierras cultivables con severas limitaciones, con relieve ondulado o inclinado, apta para pastos y cultivos perennes, requieren prácticas intensivas de manejo. Su productividad es de mediana a baja. Se localiza al sur de la sub-cuenca en el municipio de Nueva Santa Rosa.

### Mapa 5. Capacidad de uso de los suelos

Sub-cuenca alta Río Los Esclavos, Año 2008



Fuente: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, Instituto Geográfico Nacional y Instituto Nacional de Estadística de Guatemala.

### 2.6.2 Cobertura vegetal y uso de la tierra

El mapa 6 muestra que el 33% de la superficie de la sub-cuenca esta cultivada con café. El sistema de producción es bajo sombra de árboles latifoliados que sirve para proteger de los rayos directos del sol a los cafetos; entre las más utilizadas se encuentran cuje, cushín, caspirol y grabilea.<sup>13</sup>

El 25% está cubierta por bosques de latifoliados y mixtos; en menor cantidad existen coníferas, cuyas especies son explotadas de forma irracional (ver fotografías de anexo 6) Las especies más cotizadas son cedro y caoba, por ser maderas preciosas; las demás especies de latifoliados son utilizadas como combustible en los hogares.

Los arbustos y matorrales cubren un 23% de la superficie de la sub-cuenca, son áreas en transición puesto que se ha eliminado el bosque natural, pudiendo lograr en el futuro una regeneración natural si no hay intervención humana, o bien, cambiar totalmente de uso a cultivos limpios como suele suceder en esta zona.

Los cultivos temporales cubren un 10% de la superficie de la sub-cuenca, principalmente con maíz y frijol exponiendo el suelo a la erosión provocada por el viento y la lluvia. No obstante, estas siembras son importantes para la dieta alimenticia de la población.

Existen pequeñas áreas cubiertas con árboles de aguacate y cítricos. Otros se encuentran dispersos en los campos de cultivo y áreas cercanas a las viviendas, tales como zapote, nance, guapinol, mango y otros.

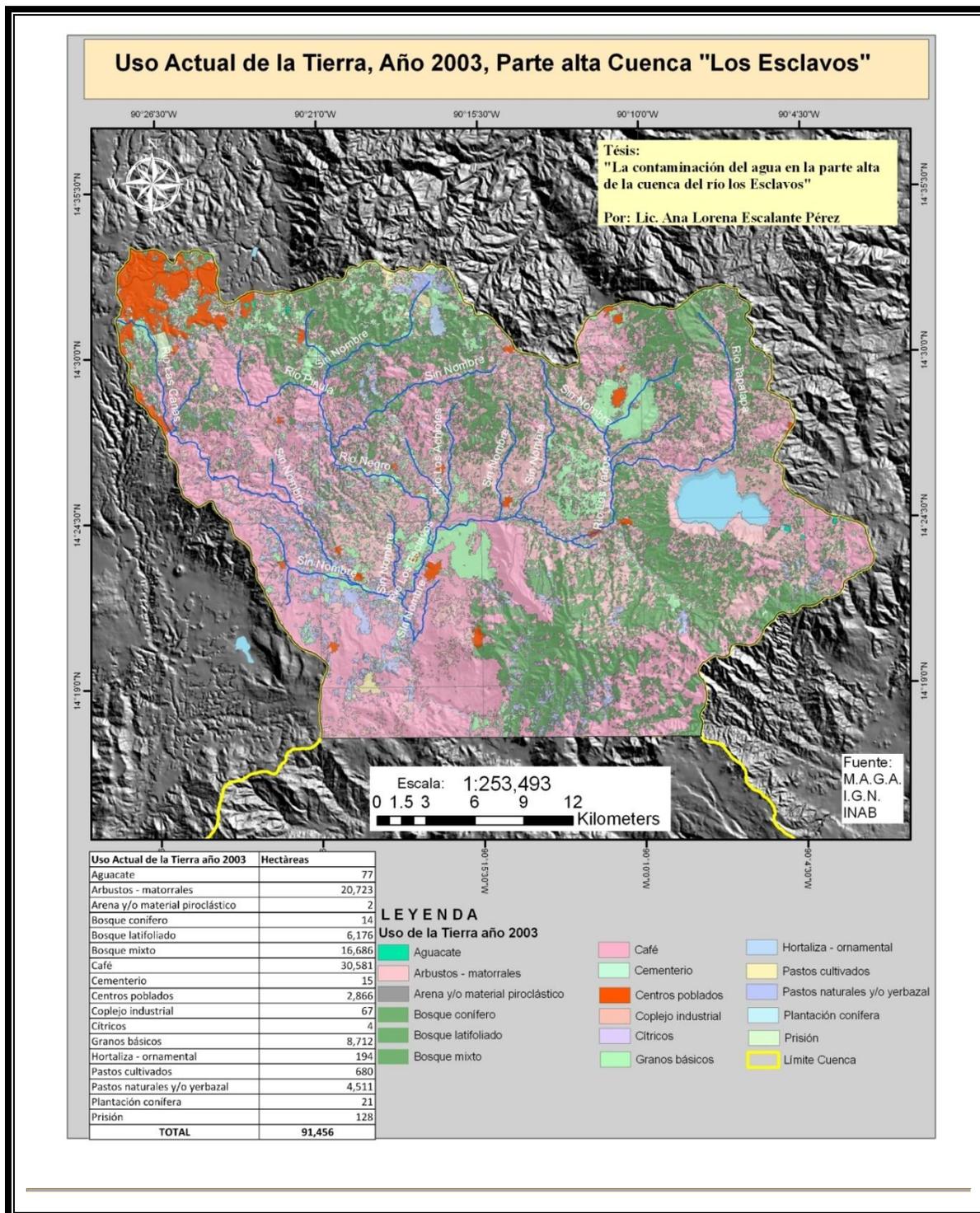
Alrededor del 9% de la superficie es utilizada en centros poblados, cementerios, complejos industriales e instalaciones afines.

---

<sup>13</sup> Cuando se establecen plantaciones de café nuevas o se renuevan las antiguas, es frecuente el uso para sombra de especies de menor desarrollo, tales como gandul, flemigia, higuera y guineos o plátanos.

Mapa 6. Cobertura vegetal y uso de la tierra

Sub-cuenca alta del río Los Esclavos



Fuente: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, Instituto Geográfico Nacional y Instituto Nacional de Estadística de Guatemala

En el mapa se observa que la cobertura de bosque es reducida, tomando en cuenta que la capacidad de uso es el 72% de la superficie y en la cobertura el 25%, esta hace que la contaminación sea mayor, ya que no existe retención de suelo y agua donde ha habido cambio de uso, debido a que facilita el arrastre de sedimentos a los afluentes.

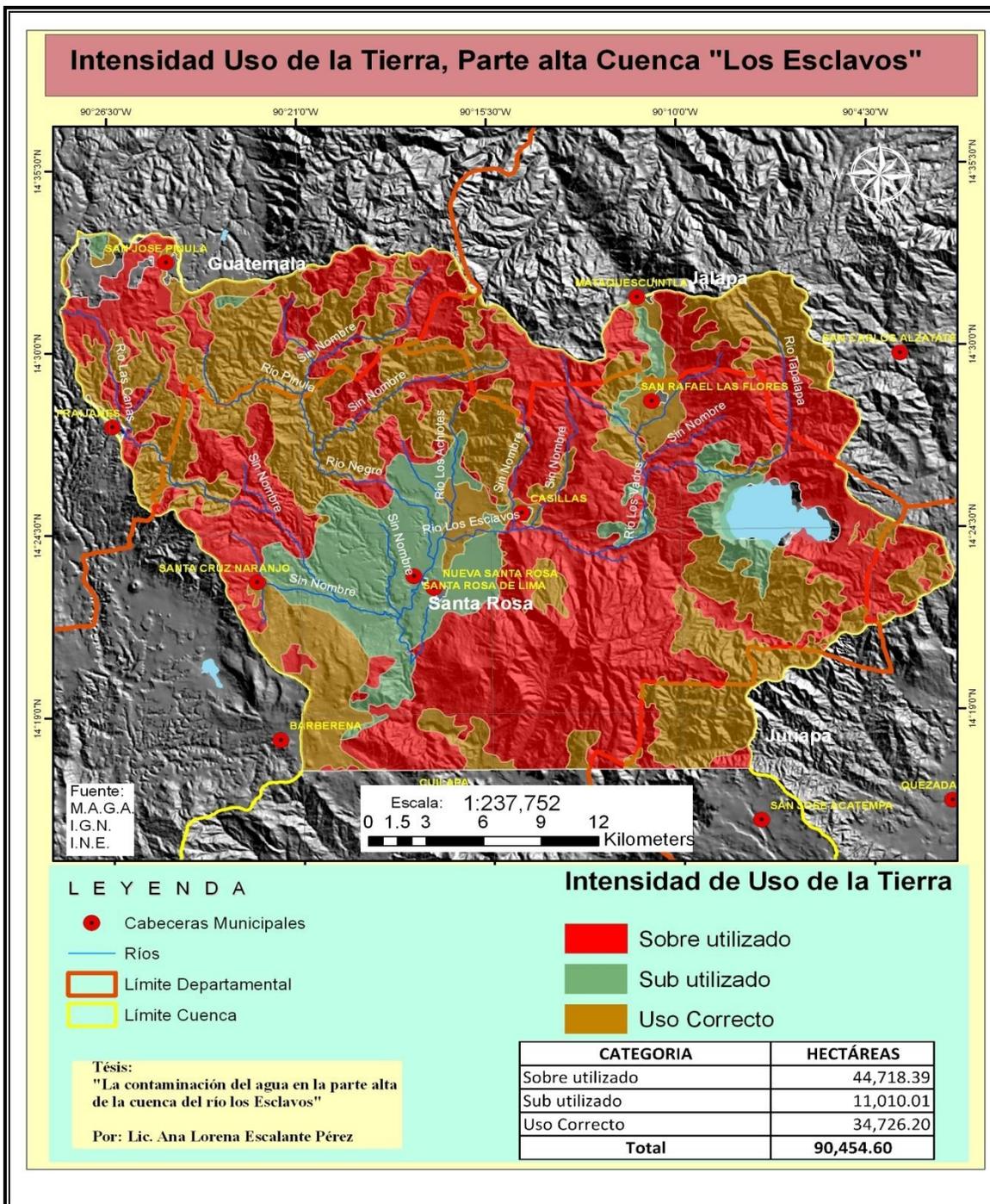
### **2.6.3 Intensidad de uso de los suelos**

Los mapas de capacidad de uso y de cobertura y uso actual de la tierra por intermedio de una transposición permiten identificar áreas de intensidad de uso bajo tres modalidades, siendo estas el correcto, el sobre utilizado y el subutilizado. Desde el punto de vista de el deterioro ambiental resulta ser importante las áreas sobre utilizadas, puesto que son las que están propensas al deterioro y degradación, consecuentemente sujetas a erosión y deslaves, contaminando de esta forma las aguas del cauce principal y de sus afluentes.

En el mapa 7 se observan las áreas con estos tres tipos de intensidad de uso. Las tierras sobre utilizadas representan el 50% de la superficie, generalmente destinadas a agricultura de cultivos limpios, y en el mejor de los casos al cultivo de café. Por la falta de cobertura apropiada, estos suelos, como ya se indicó, tiene una alta susceptibilidad a la erosión, junto con ello hay un arrastre de fertilizantes y pesticidas utilizados en la agricultura y que contaminan las aguas del río, generando externalidades negativas a posibles usuarios del agua río abajo. Por otra parte significa que esos suelos sobre utilizados han comprometido una fuerte pérdida de la biodiversidad de la sub-cuenca.

Mapa 7. Intensidad de uso de los Suelos

Sub-cuenca alta del Río Los Esclavos, año 2008

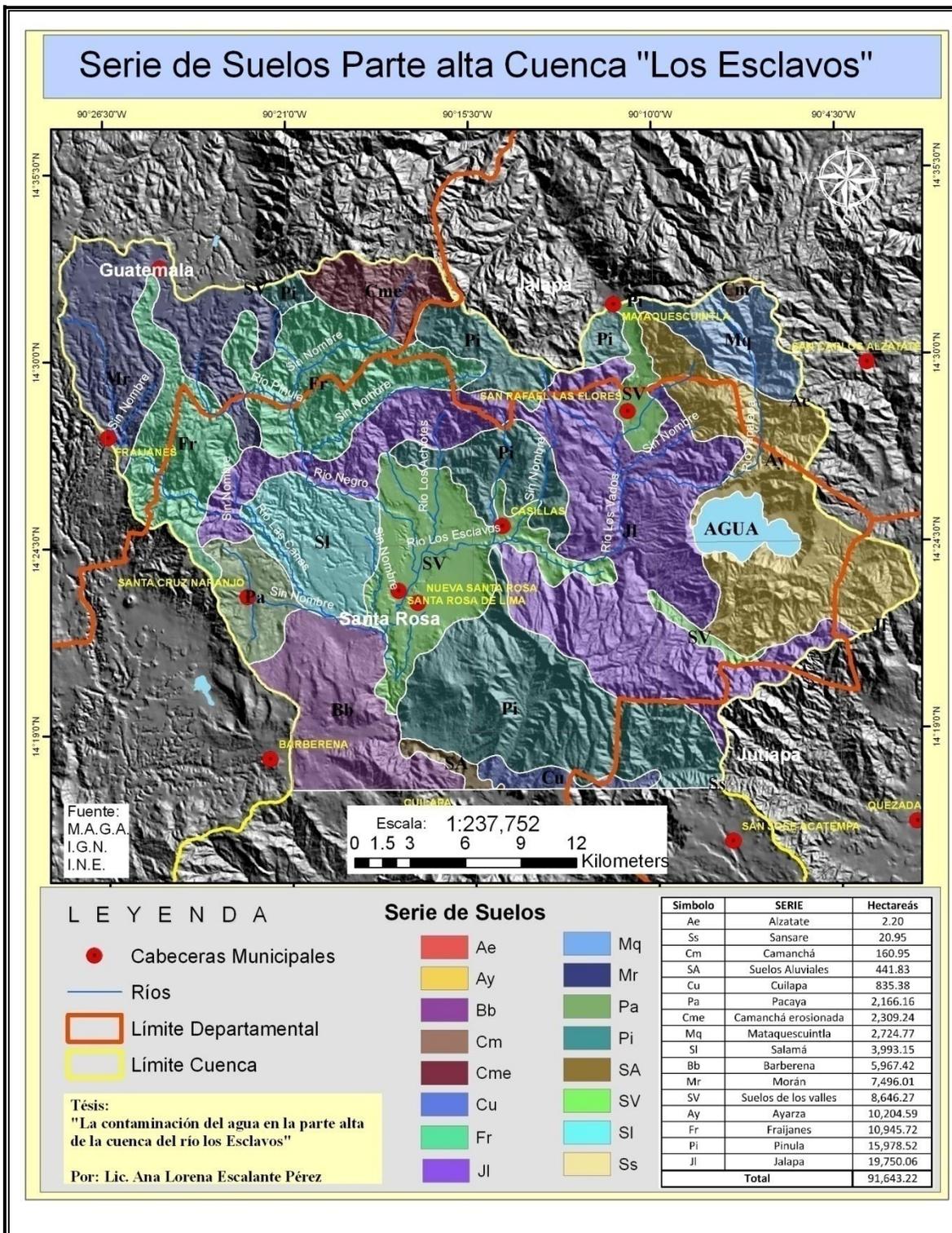


Fuente: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, Instituto Geográfico Nacional y Instituto Nacional de Estadística de Guatemala

## 2.7 TIPOS DE SUELOS

De acuerdo al Manual de clasificación y reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala, Charles Simmons en 1958, se ha procedido a identificar los tipos de suelos existentes en la sub-cuenca alta del río Los Esclavos que se muestran en el mapa número 8. Los más representativos del área en estudio son: Jalapa, Pinula, Fraijanes, Ayarza, de los Valles, Morán, Barberena, Salamá, Mataquescuintla, Camanchá erosionado y Pacaya. Estos destacan por ser poco profundos sobre material volcánico de color claro, muy susceptibles a la erosión. (Ver fotografías de anexo 6).

Mapa 8. Serie de suelos. Sub-cuenca alta del Río Los Esclavos, año 2008



Fuente: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, Instituto Geográfico Nacional y Instituto Nacional de Estadística de Guatemala.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación responde a las características descriptivas, puesto que aborda situaciones recientes de testigos, documentos o fuentes directas, cuya veracidad es posible comprobar dentro de ciertos límites. Se exploró la realidad actual, para describirla o recoger datos que permitieron predecir acontecimientos a corto, mediano o largo plazo. Su utilidad está en la posibilidad de elaborar diagnósticos, pronósticos y generar conocimientos que permitieron concluir la investigación.

#### **3.1 VARIABLES**

Dentro de las variables principales se mencionan las siguientes:

- **Población**

Esta definida por los hogares de los municipios que integran la sub-cuenca alta del río Los Esclavos.

- **Frontera agrícola**

Esta variable comprende el análisis por medio de mapas cartográficos y el método de observación directa de los impactos ocasionados por el hombre al realizar deforestación para implementación de cultivos y extracción de materiales para la industria maderable y uso de combustible en los hogares.

- **Desechos sólidos**

Se refiere al análisis de técnicas que utilizan los habitantes que integran el área en estudio para desechar la basura tanto orgánica como inorgánica de los hogares.

- **Desechos líquidos**

Con esta variable se pretende hacer un análisis de las descargas de aguas servidas de los hogares, así como las mieles emanadas por la agroindustria.

## MUESTRA

Se utilizó esta técnica con el objeto de obtener información necesaria para la investigación en donde se realizó el muestreo, con el uso de las estadísticas, específicamente el aleatorio simple, para lo cual se usó como base los centros poblados que se localizan dentro de la sub-cuenca alta, según censo de 2002, con la aplicación de inferencia estadística con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, para lo cual se utilizó la fórmula siguiente:

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{E^2 (N-1) + Z^2 P}$$

n = Tamaño de la muestra a determinar

Z<sup>2</sup> = Nivel de confianza 95% 1.96<sup>2</sup>

E<sup>2</sup> = Nivel de error 5%

P = Probabilidad de que ocurra un evento 50%

Q = Probabilidad de que no ocurra un evento 50%

N = Número de hogares estimado 133,009

Seguidamente se presenta el cuadro 17 donde se expone las variables utilizadas para definir la muestra para la encuesta, incluye nombre del Municipio, población según el INE, cantidad de población dentro de la sub-cuenca y el porcentaje de participación.

### Cuadro 17. Sub-cuenca alta del río Los Esclavos

#### Información para el cálculo de la muestra. Año 2008

Código	Municipio	Población total X censo INE	Población estimada dentro de la cuenca	No. de Hogares	% de participación
113	Fraijanes	30,701	17,056	2,437	13
103	San José Pinula	47,278	27,364	3,909	21
2107	Mataquesuintla	32,860	7,224	1,032	5
603	Santa Rosa de Lima	14,823	14,825	2,118	11
604	Casillas	20,400	18,938	2,705	14
605	San Rafael Las Flores	9,078	9,078	1,296	7
614	Nueva Santa Rosa	28,653	28,657	4,093	22
612	Santa Cruz Naranjo	11,241	9,867	1,410	7
	Totales	195,034	133,009	19,000	100

Fuente: elaboración propia con datos de división Administrativa de las cuencas hidrofiguras del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, y datos de población según X censo del INE.

Cálculo de la muestra:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 19,000}{(0.05)^2} + 1.9208$$

$$n = \frac{18,620.00}{49.4183} = 377$$

La muestra determinada consistió en 382 hogares compuesta por 377 mas 5 boletas de control de calidad, en donde se recopiló datos importantes, de los hogares que fueron la base para la información del cuerpo en la presente tesis.

### **INSTRUMENTOS**

Para la realización de la investigación se utilizó los siguientes instrumentos de investigación:

- Boleta de encuesta
- Guía de entrevista
- Guía de observación

### **PROCEDIMIENTOS**

Dentro de las actividades realizadas para la investigación se mencionan las siguientes:

- **Reconocimiento de campo de acción por medio de mapas**

Se recopilaron mapas elaborados por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, así como del Instituto Geográfico Nacional e Instituto Nacional de Estadística de Guatemala, en donde se reconoció el área geofiguradamente, sus delimitaciones, centros poblados y cantidad de población que se encuentra dentro de la sub cuenca, fisiografía y orografía.

- **Recorrido físico**

Se realizó recorrido físico del área en tres visitas consecutivas con la finalidad de hacer reconocimiento del lugar así como conocer la forma de vida de las personas que habitan los diferentes centros poblados y obtener una visión clara de los objetivos a presentar, se obtuvo un acercamiento con los diferentes entes económicos, políticos y sociales.

- **Entrevista con informantes calificados:**

Se utilizó esta técnica con el objeto de conocer la opinión y puntos de vista de los ocho alcaldes Municipales sobre la problemática que se observa en las localidades que ellos administran, y así como para la recopilación de datos se realizó una visita al Hospital Nacional del Cuilapa Santa Rosa, específicamente al área de epidemiología. Al Instituto Nacional de Electrificación INDE, donde se obtuvo información acerca de los caudales.

- **Toma de muestra para análisis de agua.**

Se procedió a la toma de 14 muestras para análisis bioquímicos del agua en donde se comparó la época lluviosa con la seca, estas fueron realizadas 7 en verano y 7 en invierno en los ríos las Cañas, Pinula, los Vados, Colís, Tapala y San Antonio y los Esclavos estos puntos se presentan en el mapa 9, por medio de este análisis se obtuvo información acerca de: acidez, sólidos totales y en suspensión, conductividad, demanda química y bioquímica de oxígeno, examen elaborado por el laboratorio de la Facultad de Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- **Medición de aforos volumétricos**

Se elaboró medición de las descargas de aguas servidas de las cabeceras municipales en estudio y que desembocan sin tratamiento alguno en los diferentes ríos que forman la sub-cuenca alta donde se tomó como ejemplo el que se ilustra en el documento de Máximo Villón Béjar (Bejar, 2002) que consistió en hacer llegar la corriente a un depósito o recipiente de volumen, seguidamente con un cronómetro se midió el tiempo en que este se llena, utilizando la ecuación siguiente:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Q= Caudal en litros o metros cúbicos

V= Volumen del depósito

T= Tiempo en que se llena el depósito

## 3.1 CONCEPTOS

En Guatemala se han realizado varios estudios sobre el tema del agua y sobre el manejo de cuencas, montando una visión global de líneas de investigación que interesan al país para comprender temas como el de la contaminación de agua, población, manejo de cuencas y otros. Para una mejor comprensión se describen los diferentes conceptos relacionados.

### 3.1.1 Cuencas hidrológicas

Son unidades morfológicas integrales y además de incluir todo el concepto de cuenca hidrofigura, abarca en su contenido la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo. Tanto las cuencas hidrofiguras como las hidrológicas se pueden subdividir en tres zonas de funcionamiento hídrico que son: sub-cuenca alta, media y baja. La cabecera de cuenca garantiza la captación inicial de las aguas y el suministro de las mismas a las zonas inferiores durante todo el año. Los procesos en las partes altas invariablemente tienen repercusiones en la parte baja y por lo tanto toda la cuenca se debe administrar como una sola unidad. Los bosques en las cabeceras de las cuencas cubren una importante función reguladora ya que controlan la cantidad y temporalidad del flujo del agua, y protegen los suelos de ser erosionados con la consecuente sedimentación y degradación de los ríos, y la pérdida de fertilidad en las laderas. Dentro de las funciones de una cuenca se mencionan las siguientes:

- **Hidrológica:** dentro de estas se encuentran la de captación del agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos así como el almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración.
- **Ecológica:** provee diversidad de sitios y rutas en donde se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua. Provee de hábitat para flora, fauna así como los elementos biológicos del ecosistema.

- **Ambiental:** Constituyen sumideros de CO<sub>2</sub>, albergan bancos de germoplasma<sup>14</sup>, así como regulación de la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos, conserva la biodiversidad, mantiene la integridad y diversidad de los suelos.
- **Socioeconómica:** suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población, provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad y servicios ambientales.
  
- **Flujo hidrológico:** los usos directos como la agricultura, industria, agua potable, dilución de contaminantes, generación de electricidad, regulación de flujos y control de inundaciones, transporte de sedimentos, recarga de acuíferos, dispersión de semillas y larvas de la biota.
  
- **Ciclos bioquímicos:** almacenamiento, liberación de sedimentos, almacenaje y reciclaje de nutrientes y de materia orgánica, detoxificación, absorción de contaminantes.
  
- **Producción biológica:** creación y mantenimiento de hábitat, vida silvestre, fertilización y formación de suelos.
  
- **Descomposición:** procesamiento de la materia orgánica y de desechos humanos.

---

<sup>14</sup> El germoplasma es el conjunto de genes que se transmite por la reproducción a la descendencia por células reproductoras. Consultado vía electrónica en [http// Wikipedia .org](http://Wikipedia.org) de fecha marzo 2010.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente capítulo contiene los resultados de los análisis bioquímicos elaborados para determinar el grado de contaminación que posee el agua en la sub cuenca alta del río Los Esclavos, el cálculo del consumo en los diferentes sectores, el efecto en la salud de las personas por la contaminación del agua así como la estimación de gastos que realizan por compra de medicina y los ingresos que dejan de percibir al encontrarse enfermos.

#### ***4.1 CONTAMINACIÓN DEL AGUA***

Al desarrollar la investigación de campo, se determinó que la presión que ejerce la población, por el uso incorrecto de los suelos, los drenajes que recogen y transportan la escorrentía de viviendas y calles, la erosión de los terrenos bajo uso agropecuario y las aguas residuales de la agro industria (Ver fotografías en anexo 6), mezclándose con aguas naturales aunados comprometen la calidad del agua debido a que estos escurren hacia riachuelos tributarios del cause principal.

Esta acción trae como consecuencia el deterioro del hábitat de la vida silvestre, extendiendo el impacto hasta afectar la calidad de vida y la economía de las familias, principalmente afectando la salud de las personas y consecuentemente asumiendo externalidades económicas por la compra de medicinas, disminución y suspensión de actividades que generan ingresos y otros efectos.

Para poder determinar las fuentes contaminantes de la cuenca se realizó un recorrido de campo, se delimitó la población que se encuentra dentro de la sub-cuenca ejerciendo presión sobre los recursos naturales la que asciende a la cantidad de 133,009 habitantes, luego se procedió a la toma muestras de agua en las micro cuencas Las Cañas, Pinula, Los Vados, Colís, Tapalapa, San Antonio y Los Esclavos para realizar un análisis de calidad, actividad realizada en la facultad de Química y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Asimismo, se realizó una visita a cada uno de los poblados urbanos para obtener un acercamiento con los ocho Alcaldes Municipales y obtener información de interés para la presente investigación.

Con datos del XI censo de población del año 2002 e información procesada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, se procedió al diseño de la muestra para realizar una encuesta entre familias de la sub-cuenca y generar información para presentar datos que ayuden a validar las hipótesis planteadas.

Con información del número de hogares existentes en cada municipio que aparece en el cuadro 18, se distribuyó la muestra (382 hogares) según importancia relativa.

**Cuadro 18. Distribución de la Muestra de encuesta. Sub-cuenca alta río Los Esclavos**

**Año 2008**

<b>Municipios</b>	<b>Hogares</b>	<b>%</b>	<b>N X %</b>	<b>Boletas</b>
Fraijanes	2,437	0.13	382 X 0.13	49
San José Pinula	3,909	0.21	382 X 0.21	80
Santa Cruz Naranjo	1,410	0.07	382 X 0.07	27
Mataquesuintla	1,032	0.05	382 X 0.05	19
San Rafael las Flores	1,296	0.07	382 X 0.07	27
Casillas	2,705	0.14	382 X 0.14	54
Santa Rosa de Lima	2,118	0.11	382 X 0.11	42
Nueva Santa Rosa	4,093	0.22	382 X 0.22	84
<b>Totales</b>	<b>19,000</b>	<b>1.00</b>		<b>382</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos del XI censo nacional y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala.

Como se podrá notar en el cuadro los municipios que presentan mayor población en su orden de mayor a menor son: Nueva Santa Rosa con un 22%, San José Pinula con 21%, Casillas con 14% y Fraijanes representa un 13%. En estos municipios se distribuyó la mayor cantidad de hogares objeto de encuesta.

Las entrevistas en el campo, focalizaron las viviendas que se localizan cercanas a la rivera de los ríos debido a que se observó que son áreas con mayores riesgos de fenómenos naturales como deslaves e inundaciones, así como los antrópicos que ellos mismos provocan por el mal uso de los recursos naturales como lo es la contaminación del agua. El cuadro 19 es una síntesis de la información recogida en las encuestas realizadas.

## Cuadro 19. Resultados de la encuesta

## Sub-cuenca alta Río Los Esclavos Año 2008

<u>Población</u>	<u>Cantidad</u>	<u>%</u>	<u>Población</u>	<u>Cantidad</u>	<u>%</u>
<u>Sexo</u>			<u>Cultivos</u>		
Masculina	115	45	Maíz asociado con frijol	177	46
Femenina	267	55	Café	84	22
Totales	<u>382</u>	<u>100</u>	No cultivan	121	32
<u>Escolaridad</u>			Total	<u>382</u>	<u>100</u>
Ninguna	65	17	<u>Usa fertilizantes</u>		
Primaria	152	40	Químicos	259	68
Básicos	89	23	Orgánicos	2	0
Diversificado	55	14	No usa (no cultivan)	121	32
Universitario	21	6	Totales	<u>382</u>	<u>100</u>
Totales	<u>382</u>	<u>100</u>			
<u>Nivel Ingresos en</u>			<u>Aporte para mejorar</u>		
<u>quetzales por mes.</u>			<u>medio ambiente</u>		
001 500	150	39	Económico	8	2
501 1,000	117	31	Mano de obra	267	70
1001 1,500	97	25	Materiales	38	10
1501 más	18	5	No aportaría	69	18
Totales	<u>382</u>	<u>100</u>	Total	<u>382</u>	<u>100</u>
<u>Integrantes por hogar</u>			<u>Forma de deshacerse de</u>		
01-4	187	20	<u>los desechos líquidos</u>		
05- 08	123	48			
09- más	72	32	Con drenaje conectado	142	37
Totales	<u>382</u>	<u>100</u>	Pozo ciego	95	25
			Fosa séptica	64	17
<u>Enfermedades que ha</u>			Excusado lavable	58	15
<u>padecido</u>			Ningún servicio Total	23	6
Respiratorias	153	40	<u>382 100</u>		
Gastrointestinales	115	30	<u>Remeses familiares en</u>		
Dengue	57	15	<u>dólares por mes.</u>		
Diarreas	38	10	<u>Rangos en \$</u>		

Gastritis	11	3	20 a 100	24	6.29
De los huesos	8	2	101 a 200	16	4.19
Totales	<u>382</u>	<u>100</u>	201 a 300	4	1.05
			301 a 400	2	0.52
<u>Tratamiento de basura</u>			401 a mas	1	0.26
Queman	102	27	No reciben	335	87.69
Tiran en cualquier lugar	81	21	Totales	<u>382</u>	<u>100.00</u>
Serv.privado	75	20			
Serv.municipal	61	16			
Entierran	39	10			
Otra forma	24	6			
Totales	<u>382</u>	<u>100</u>			

---

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo durante el 2009

Los resultados indican que hubo participación de informantes de los hogares de varones y mujeres representando a las familias de las localidades, aunque la información se requirió según la percepción de cada persona. Con respecto a la educación de los entrevistados, se determinó que un 17% son analfabetas, estas pertenecen al área rural o centros poblados más lejanos, generalmente son mujeres, ya que por costumbre estas deben dedicarse a las actividades cotidianas del hogar y cuidado de los hijos. La mayor parte manifestaron tener educación primaria (40%), también una buena parte dispone de educación secundaria (37% entre estudios básicos y diversificados). El 6% de los entrevistados posee estudios superiores, principalmente de los municipios de Fraijanes y San José Pinula, debido a la cercanía con la Ciudad Capital, donde existe mayor posibilidad de obtener esta clase de educación.

En cuanto a los ingresos económicos, se estableció que el 70% de la población encuestada percibe ingresos de hasta mil quetzales mensuales, cantidad que se encuentra por debajo del salario mínimo vigente en Guatemala<sup>15</sup> e insuficiente para cubrir gastos esenciales de una persona. El 30% restante posee ingresos superiores a los Q 1,000.00 por mes.

---

<sup>15</sup> Según el Ministerio de Trabajo y Previsión Social de Guatemala, los Salarios Mínimos consiste en 52 por día, mensualmente 1,560 consultado en [www.mintrabajo.gob.gt](http://www.mintrabajo.gob.gt), fecha de consulta 08 de diciembre de 2009.

Entre la población de la sub-cuenca, se nota la afluencia de remesas que envían familiares que viven en el exterior del país. De la muestra obtenida, el 12.3% indicó que reciben remesas familiares, la mayoría comprendidas en el rango de 20 a 200 dólares mensuales, que son invertidos en gastos de consumo para el hogar y en compra de insumos para cultivos que les permiten superar las condiciones de pobreza. En el cuadro 20 se hace un resumen del movimiento de rangos en los niveles de ingresos que han tenido los hogares por influencia de estas remesas.

**Cuadro 20. Movimientos de rangos de los hogares que recibieron remesas del exterior**

**Año 2008**

<b>Rangos</b>	<b>01-500</b>	<b>501-1,000</b>	<b>1,001-1,500</b>	<b>1,501- más</b>	<b>Suma</b>	<b>Remesas</b>
<b>No. de hogares encuestados</b>	<b>150</b>	<b>117</b>	<b>97</b>	<b>18</b>	<b>382</b>	<b>%</b>
\$20-100	9	10	5		24	51%
\$101-200	6	7	3		16	34%
\$201-300	2	1		1	4	9%
\$301-400	2				2	4%
\$401 a +	1				1	2%
<b>Totales</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>47</b>	<b>100%</b>
<b>Movimientos de rangos por ingresos de remesas más ingresos locales</b>						
<b>Rangos</b>	<b>01-500</b>	<b>501-1,000</b>	<b>1,001-1,500</b>	<b>1,501- a más</b>	<b>Suma</b>	<b>%</b>
Q001- 500	2	8	2	8	20	43%
Q501-1,000			7	11	18	38%
Q1,001-1,500				8	8	17%
Q1,501- a más				1	1	2%
<b>Totales</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>28</b>	<b>47</b>	<b>100%</b>
<b>Movimientos de rangos por ingresos locales</b>						
<b>Rangos</b>	<b>001-500</b>	<b>501-1,000</b>	<b>1,001-1,500</b>	<b>1,501 a más</b>	<b>Suma</b>	<b>%</b>
Q001- 500	132	8	2	8	150	35%
Q0501-1,000	107		7	11	18	28%
Q1,001-1,500	98			8	8	26%
Q1,501-	45			1	1	12%
<b>Totales</b>	<b>382</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>28</b>	<b>177</b>	<b>100%</b>

Fuente: Vaciado de encuesta, según investigación de campo, año 2008

El cuadro muestra que de las 382 hogares entrevistados 47 recibieron remesas familiares del extranjero y se ha dado un movimiento entre rangos debido a que 28 han subido al rango más alto que es de 1,501 quetzales a más, cantidad que demuestra que un grupo de personas ha superado las condiciones pobreza extrema, luego el 63% de los hogares entrevistados permanece dentro de las mismas condiciones (rangos de 001 a 500) y únicamente el 37% se encuentra dentro de los rangos de más de 1,000.00 por mes por la influencia de obtener ingresos adicionales por familiares que les envían del extranjero.

El 68% de los entrevistados se dedican a la agricultura, la mayoría de ellos informan que el principal cultivo de la región es el maíz asociado con el frijol por ser la base de alimentación para las familias. El segundo cultivo en importancia es el café, cuyas plantaciones se concentran en las fincas de tamaño subfamiliar (0.7 a 7 hectáreas), familiar (7 a 45 hectáreas) y multifamiliar (mayores de 45 hectáreas), siendo estas las que contratan jornales únicamente para cuidados culturales y cosecha, En este período se observó que la mano de obra son inmigrantes temporales provenientes del altiplano occidental del país y del municipio de Jalapa, los que no poseen condiciones mínimas para vivir durante el tiempo de permanencia en las localidades. El 32% restante manifestaron que se dedican al comercio informal en los cascos urbanos de los municipios, los que poseen un trabajo en las instituciones municipales y educativas.

Con respecto a la forma de fertilizar el suelo para la agricultura, el 68% utilizan abonos químicos, así como para la prevención de plagas y enfermedades de plantas y animales utilizan biocidas<sup>16</sup> que pueden ser nocivos para la salud de los seres vivos, así los restos de estos productos que quedan en el suelo, contribuyen a la contaminación del agua que escurre a las fuentes naturales, por medio de la erosión de los suelos. (Ver fotografías de anexo 6).

En lo que se refiere a la forma de eliminar los desechos sólidos de los hogares, el 48% indicó utilizar los servicios públicos y privados de cada municipio. El problema es que estos son trasladados a un botadero municipal a cielo abierto (ver fotografías en anexo 6), donde los lixiviados y las mismas basuras contaminan directamente las fuentes de agua; el 52% restante eliminan los desechos sólidos por medio de métodos tradicionales de quema, la botan en cualquier lugar u otra forma.

---

<sup>16</sup> Los biocidas pueden ser sustancias químicas sintéticas, naturales o de origen biológico o de origen físico y están destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier microorganismo considerado nocivo para el hombre, consultado vía electrónica en [es.wikipedia.org/wiki/Biocida](http://es.wikipedia.org/wiki/Biocida) de fecha septiembre de 2010.

Las aguas grises de los hogares, excepto los que disponen de letrinas, regularmente van a dar a los ríos de la sub-cuenca; el 37% manifestaron estar conectados a un drenaje municipal, la cual no tiene tratamiento antes del desfogue al medio natural; otros hogares indican tener conexiones a fosa séptica, mientras que otros, por intermedio de tubos de PVC descargan a los afluentes cercanos (ver fotografías en anexo 6).

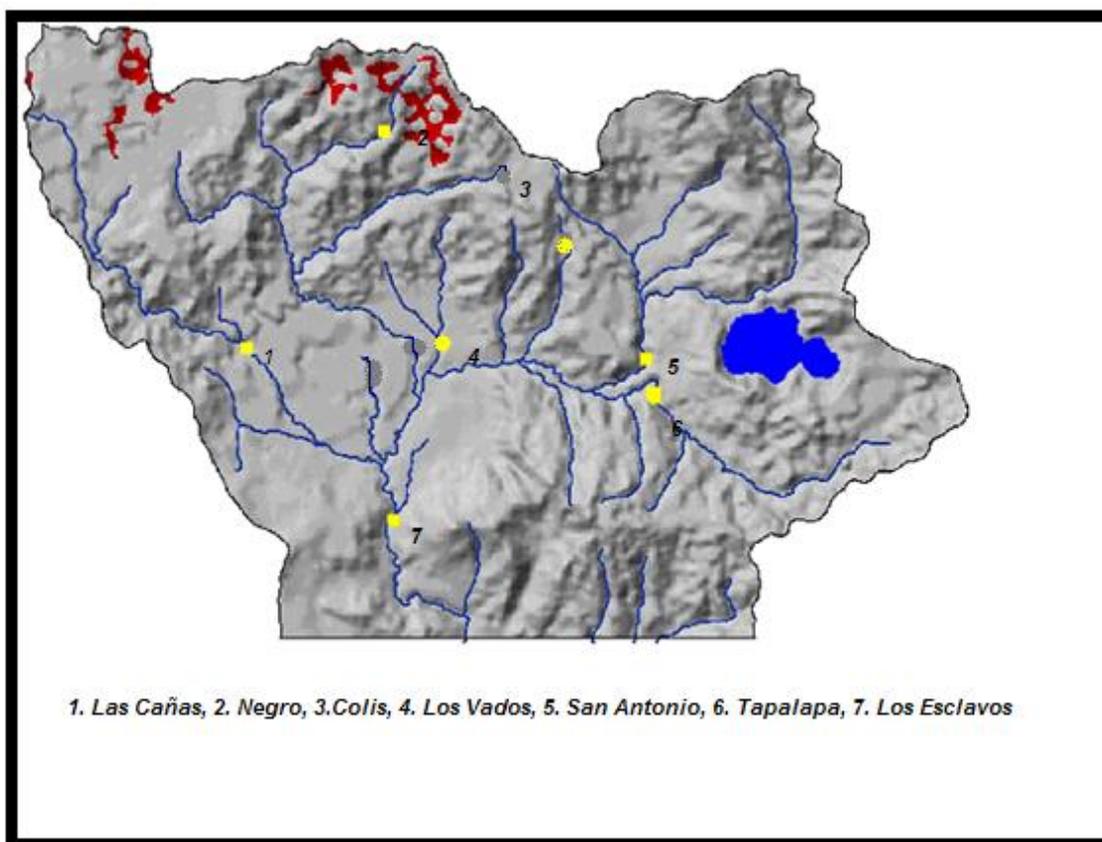
En el diálogo de las entrevistas se fue conversando con las personas que todos los humanos tenemos algo que ver con la contaminación del agua de la sub-cuenca y que la mitigación del problema es responsabilidad tanto de las autoridades como de los pobladores. En consecuencia, una de las preguntas del cuestionario se hizo con el fin de saber si estaban dispuestas a contribuir con recursos propios para la mitigación de ese problema. Esto como un pequeño embrión de un esquema de valoración contingente. Se determinó que la mayoría de la población entrevistada, 82% está dispuesta a contribuir. De ese total, el 85.3% está dispuesta a aportar su mano de obra familiar para mejorar esta situación; 12.1% de los entrevistados con disposición a contribuir, con aporte de materiales, mientras que solamente el 2.6% estaría dispuesto a hacer contribuciones monetarias directas.

## **4.2 ANÁLISIS BIOQUÍMICO DEL AGUA**

El agua es parte esencial de la naturaleza física de los habitantes de la sub-cuenca alta del río los Esclavos, y de los demás seres vivos que habitan esta área, además contribuye al bienestar general en todas las actividades que estos realizan, se utiliza mayormente como elemento indispensable en la dieta de todo ser vivo y ésta es uno de los pocos elementos sin los cuales no podría mantenerse la vida. Para el presente caso el agua les ofrece grandes beneficios, pero a la vez puede transmitir enfermedades, como cólera, diarreas y otras de no recibir el tratamiento adecuado. Una amenaza latente que podría contribuir al deterioro ambiental de la zona deriva de que en el municipio de San Rafael Las Flores existen licencias autorizadas de exploración minera y que puede dar origen a licencias de explotación y con ello incrementar el riesgo de contaminación en la zona, de no tomar adecuadamente medidas de protección y mitigación ambiental. Para poder determinar la contaminación del agua en la sub-cuenca de estudio se realizaron varios recorridos de campo (ver sección de anexos), comprobándose a ojos vista que las aguas están pasando de contaminadas a fuertemente contaminadas. Sin embargo, se procedió a la toma de 14 muestras para realizar un análisis bioquímico en lugares estratégicos siguiendo un método comparativo de período lluvioso y seco. En el mapa 9 los sitios de muestreo se señalan con puntos de color amarillo y los resultados se presentan en el siguiente apartado.

**Mapa 9. Ubicación de las tomas de muestras de laboratorio.**

**Sub-cuenca alta río Los Esclavos. Año 2008**



**Fuente:** Unidad Especial de Ejecución de Desarrollo Integral de cuencas Hidrofiguras UEEDICH – Dependencia del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.

Se recogieron muestras de agua en puntos estratégicos a lo largo de los tributarios que forman el cauce principal. Para efectos de la toma y manejo de muestras se tuvieron en cuenta todas las medidas previas instruidas por personal del laboratorio de referencia de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala con el objetivo de determinar el grado y fuentes de contaminación que posee la cuenca. El muestreo se realizó en los mismos sitios tanto en época de lluvia como en época seca. En invierno los caudales son voluminosos y con mucho sedimento (ver fotografías en anexo 6), mientras que en verano o época seca merma el volumen y se manifiesta una mayor carga contaminante.

Se determinó que el agua se encuentra alterada por fuentes antropogénicas, al emitir sustancias extrañas al ambiente y que drenan hacia las fuentes de agua, contribuyendo a la degradación de la misma y con ello dificulta su uso en sitios aguas abajo. Ya se ha indicado que

las mayores fuentes de contaminación la constituyen los drenajes de las aguas servidas municipales (ver fotografías anexo 6); la presencia de las aguas mieles emanadas del proceso de despulpado de café en la agro industria, se agrega el agua para riego cuyas colas retornan a la cuenca cargada de sales disueltas, con restos de plaguicidas, nutrientes y materia orgánica, además de los flujos de erosión de las zonas de cultivo y que fluyen también al cauce principal.

De igual manera, en el mapa 4 se señala en color rojo los sitios poblados de la parte alta de la sub-cuenca, justo en las cercanías de los nacimientos de agua, donde los poblados drenan las aguas servidas de hogares y las contaminadas de agroindustrias hacia el entramado de pequeños ríos y que más adelante integran el cauce principal del río Los Esclavos. Es decir, que casi desde el nacimiento las aguas se contaminan inmediatamente por actividades antrópicas. Las cabeceras municipales que se localizan en el borde de la parte alta de la sub-cuenca son Fraijanes, San José Pinula y Mataquescuintla. Río abajo va recibiendo aguas contaminadas de los otros municipios que integran la sub-cuenca.

### **4.3 PARÁMETROS E INDICADORES DE CONTAMINACIÓN**

En Guatemala, no existe una ley específica que regule el uso del agua, menos aún la regulación del uso y aprovechamiento de los nacimientos. Es el acuerdo gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y de Recursos Naturales el que reglamenta las descargas y re uso de aguas residuales y de la disposición de lodos, establece normas y parámetros para que los entes que la utilicen debieran tomar en cuenta para realizar las descargas de desechos líquidos.

Seguidamente se presenta un resumen de las características de cada una de las micro-cuencas que son tributarios del río Los Esclavos:

- **Río Las Cañas**

Nace en Fraijanes del departamento de Guatemala con el nombre de quebrada El Chocolate, formado por dos nacimientos naturales; recibe descargas de aguas servidas de una industria, dos condominios y el centro preventivo de Pavón (prisión), así como desechos de un rastro. En su recorrido recibe las descargas de los drenajes de Santa Cruz Naranjo que alimenta al afluente principal por tres arroyos con los nombres de Sapera, Los Monroy y la del Centro de Salud, estos nacimientos en época de verano poseen poca agua, transportando basura y aguas servidas de los hogares, desembocan en el río sin tratamiento. Este afluente sirve de límite entre Santa Rosa de Lima y Santa Cruz Naranjo, en este Municipio existe un botadero municipal a cielo abierto, se utilizan las técnicas de quema y los lixiviados en invierno escurren y contribuyen a la contaminación del agua de las microcuencas antes mencionadas.

- Río Pinula, Negro o La Plata:

Nace en los municipios de San José Pinula y Mataquescuintla con nacimientos de cuatro sitios naturales. Recibe diferentes nombres en su recorrido, se une a la cuenca Los Esclavos entre Nueva Santa Rosa y Santa Rosa de Lima. Este afluente recibe la lixiviación del botadero de basura a cielo abierto municipal de Santa Rosa de Lima, localizado a un costado del cementerio de esa localidad en donde los restos de desechos sólidos sin clasificación son depositados en un barranco donde el río la Plata recibe los restos, además de este afluente se extrae material como arena, piedra y agua para elaboración de block y otros materiales de construcción, es frecuente el uso de maquinaria pesada para la extracción, extendiendo el borde del río, con riesgo de desbordamiento del cauce. (Ver fotografías de anexo 6), esta área es una de la mas inclinadas de la sub-cuenca y es frecuente observar cultivos de maíz sin medidas de conservación de suelos, acelerando la erosión y que fluyan restos de productos químicos utilizados en la agricultura.

- Río Colís:

Nace en las montañas de Mataquescuintla a un costado del cementerio Municipal de esa población, donde también se encuentra el botadero de basura a cielo abierto, cuyos lixiviados drenan por la quebrada Concepción (ver fotografías de anexo 6), luego atraviesa el centro poblado de Mataquescuintla donde recibe el 40% de las aguas servidas de este Municipio debido a que existe un parte aguas y sólo un porcentaje desagua a este afluente. Más adelante pasa por el municipio de San Rafael donde recibe el 100% de las aguas servidas debido a que los drenajes desaguan en el afluente; además los pobladores lo utilizan para deshacerse de la basura. En este Municipio otro de los factores que contribuye a degradar el agua del río son los restos de productos químicos utilizados en la agricultura, debido a que en esta localidad se utiliza el agua del río para riego y al no tomar las medidas de mitigación y protección, afectan negativamente la calidad del líquido, así como la salud de las personas, según se muestra en el cuadro 21 respecto a datos de morbilidad de la población.

- Los Vados o San Rafael

Nace en el municipio de San Rafael Las Flores, pasa a un costado de Casillas y en este mismo Municipio se une a la Cuenca Los Esclavos.

El afluente es contaminado con aguas servidas de los hogares del Municipio es utilizada para riego de hortalizas como cebolla, tomate, brócoli, lechuga, y algunas leguminosas como fríjol, papa y maíz, donde la población que los consume en fresco corre el riesgo de padecer enfermedades por consumo hortalizas contaminadas (ver cuadro 21 de morbilidad) caso

especifico de este centro poblado. Además recibe lixiviación de la basura que es depositada a un costado del casco urbano sin tratamiento

- Río San Antonio

Nace en las montañas de San Rafael Las Flores, su recorrido es al lado sur de la Laguna de Ayarza; por lo inclinado de los terrenos y escasa vegetación este transporta sedimento, luego se une a la microcuenca Tapalapa en la Aldea con el mismo nombre. En su recorrido no existen mayores centros poblados, por lo que este afluente recibe menos contaminación que las otras microcuencas citadas.

- Río Tapalapa

Nace en las montañas de Casillas y su recorrido es al norte de la laguna de Ayarza, el área posee escasa vegetación y lo inclinado de sus terrenos hace que su recorrido sea bastante rápido, al transportar sedimentos, atraviesa centros poblados importantes, donde el agua recibe descargas menores de basureros clandestinos y pulpa de café. Las aguas servidas de mayor importancia provienen de la aldea Tapalapa. De la misma manera se ve amenazado por existir licencias de exploración con peligro de que se de escurrimiento de lixiviados de materiales ácidos y químicos hacia la quebrada el Escobal, tributaria del río Los Esclavos, muy cercana al área de exploración con aproximadamente dos kilómetros de distancia se localiza la caldera de la laguna de Ayarza con peligro de contaminación por esta acción.

- Río Los Esclavos

Este es el afluente principal hacia donde fluyen todos los anteriores que le son tributarios. La mala calidad del agua es evidente a la observación del investigador. Recibe más contaminación del botadero municipal de desechos sólidos del municipio de Nueva Santa Rosa, puesto que es a cielo abierto y se localiza en la quebrada el Cementerio que drena hacia el cauce principal (ver fotografías de anexo 6); así también recibe el drenaje de aguas servidas del casco urbano del Municipio que descarga en la quebrada denominada el Riachuelo y que es tributaria del afluente. De la misma manera se localiza bajo el puente que sirve de conexión entre Nueva Santa Rosa Y Santa Rosa de Lima la desembocadura de los drenajes del casco urbano de Santa Rosa de Lima. A esta altura se encuentra 7 beneficios de café que tributan sus aguas mieles a este cauce durante la época de cosecha y beneficiado de café que es de octubre a marzo de cada año. Cada una de las microcuencas descritas fue objeto de muestreo para evaluar la calidad del agua en un momento determinado, con los resultados del análisis se procedió a realizar el cuadro 21 que muestra la información por cada microcuenca estudiada, en donde se ha evaluado los parámetros siguientes: grado de acidez, conductividad, sólidos sedimentables y en suspensión, las demandas químicas y bioquímicas de oxígeno, nitrógeno y

fósforo total, así como las grasas y aceites. Las muestras fueron tomadas directamente de los afluentes de las microcuencas en donde las aguas naturales ya se encontraban mezcladas con las servidas. Es importante mencionar que no se evaluó la cantidad de Coliformes fecales que posee, ya que por las circunstancias de mezcla entre las naturales y residuales se supone que están fuera de norma, sin embargo se ha afectando la morbilidad de la población del área.

**Cuadro 21. Análisis bioquímico del agua**

**Sub-cuenca alta del río Los Esclavos**

Parámetros Evaluados Años	Unidades	Las Cañas		La Plata		Colís		San Rafael		Tapalapa		San Antonio		Los Esclavos	
		Sep. 2008	Marzo 2009	Sep. 2008	Marzo 2009	Sep. 2008	Marzo 2009	Sep. 2008	Marzo 2009	Sep. 2008	Marzo 2,009	Sep. 2008	Marzo 2009	Sep. 2008	Marzo 2009
		Ph		7.69	7.71	7.4	7.67	6.91	6.8	7.08	6.98	7.25	7.77	7.36	7.78
Conductividad	µS/cm.	196.79	257	145.7	171.5	42.05	359	188.64	293	118.84	190.1	78.12	413	94.4	263
Sólidos sedimentables	ml/L	<0.1	<0.1	0.1	0.1	<0.1	3.5	0.5	0.2	<0.5	<0.1	<0.5	<0.1	<0.5	0.2
Sólidos en suspensión	mg/L	14	0.006	62	0.011	24	0.22	70	0.04	120	0.003	75	0.006	105	0.037
Sólidos totales	mg/L	181.73	216	244	182	99	427	222	307	336	187	307	306	314	258
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	6.15	6.06	3.78	4.86	1.86	123	13.3	60.6	21	3.84	18.3	9.72	13.2	4.8
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	42	30	60	25	45	545	90	155	115	25	80	40	120	170
nitrógeno total	mg/L	0.5	1.1	0.2	1.1	0.2	18.4	1.8	4.2	1.3	0.3	0.5	1	0.6	2.3
Fósforo total	mg/L	<0.1	0.3	1	0.5	0.1	5.2	0.2	0.6	0.2	<0.1	0.2	<0.1	0.3	0.3
Grasa y aceites	mg/L	0.02	0.01	0.04	0.01	0.07	0.2	0.02	0.07	0.02	0.02	0.02	0.015	0.01	0.06

**Fuente:** elaboración propia con resultados de análisis bioquímico del agua en los diferentes puntos de muestreo según mapa 11.

A continuación se describe cada uno de los análisis del agua realizados:

- **Acidez**

"El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9. Las aguas de pH menor de 6,5, son corrosivas, por el anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución" (UBA)

## pH

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
<b>Acido</b>							<b>-Neutro</b>				<b>Básico</b>			

El pH en todas las micro-cuencas, se encuentra desde el más bajo de 6.8 en el río Colís hasta en 7.77 en los ríos Tapalapa, San Rafael, Colís y Los Esclavos es donde refleja una leve acidez, estos datos implican que si el agua no se encontrara contaminada con otras sustancias podría ser utilizada con previo tratamiento para diferentes usos.

- **Conductividad**

Esta es una medida que indica la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica; cuanto mayor es el contenido de iones en el agua, mayor corriente puede transportar. Estos son metales disueltos y otros materiales, se indica en términos de microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Generalmente, las aguas naturales oscilan entre 50 y 100. Las costeras tienen valores de  $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que las interiores<sup>13</sup> alcanzan los  $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ . La conductividad específica puede ser usada para calcular la concentración de iones totales y se utiliza habitualmente como una medida alternativa de sólidos disueltos.

Existe conductividad fuera de lo normal en los 7 puntos establecidos para la toma de muestras debido a que el total de las micro-cuencas en estudio presenta valores arriba de los  $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Esta son malos conductores debido, a que las moléculas de sustancias orgánicas que por la naturaleza de sus enlaces son no iónicas como la sacarosa, el benceno, los hidrocarburos, los carbohidratos.

---

<sup>13</sup> Son aguas interiores las situadas en el interior de las líneas de base del mar territorial, incluyéndose en ellas los puertos, bahías, estuarios, y las aguas continentales. No comprenden los ríos, ni los lagos ya que sólo se refiere al agua salada. Consulta vía electrónica en [http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas\\_interiores](http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_interiores) el 21 de septiembre de 2010.

- **Sólidos sedimentables**

Esta es una medida que indica la cantidad de material particulado suspendido dentro de la columna de agua. Los valores se expresan en mililitros por litro. Las altas concentraciones de residuos no filtrables aumentan la turbiedad, restringiendo de esta forma la penetración de luz dificultando la actividad de fotosíntesis. En 6 de las muestras obtenidas se encuentran valores menores a la unidad, siendo la microcuenca Colis la que presenta un valor de 3.5 mlgramos/litro.

- **Sólidos en suspensión**

Partículas como arcillas, limo y otras son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable o solamente mientras el movimiento del agua las arrastra.

En el total de 7 muestras tomadas en invierno estas representan valores elevados en todas la microcuencas estudiadas, valores comprendidos desde 14 hasta 120 miligramos por litro.

- **Sólidos totales**

En este apartado se presenta la suma de los sedimentables mas los en suspensión entre los cuales se presenta valores elevados en las 7 microcuencas estudiadas presentando cantidades que van desde 99 hasta 427 miligramos por litro. La sub-cuenca presenta un incremento en época de lluvia, debido a que existe alta deforestación en el área y se ha extendido la frontera agrícola, donde se utilizan de forma escasa los métodos de preservación de suelos (ver fotografías de anexo 6) y el sedimento se incrementa considerablemente.

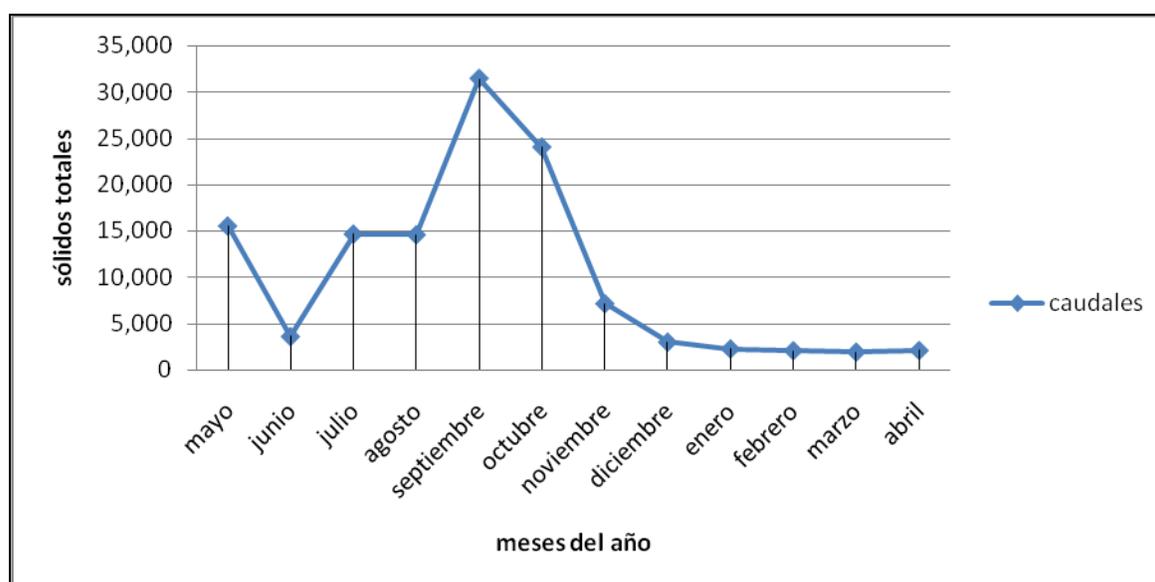
Uno de los problemas establecidos es que se puede interrumpir el proceso de desove ya que al quedar sedimentados son cubiertos por estas sustancias, así como por la turbiedad del agua puede causar daños a las agallas de peces y otras especies, de la misma manera se podría ver afectada el proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas, debido a que por turbiedad se estaría evitando la penetración de luz solar.

La figura 3 y cuadro 22, representa el incremento en los meses de agosto a octubre del año 2009.

**Cuadro 22. Sub-cuenca alta del Río Los Esclavos. Sólidos totales****Año 2009**

Meses	M <sup>3</sup> de suelo	Meses	M <sup>3</sup> de suelo	Meses	M <sup>3</sup> de suelo
mayo	3,606	Septiembre	31,401	enero	2,273
junio	15,500	Octubre	24,013	febrero	2,080
julio	14,632	Noviembre	7,148	marzo	1,935
agosto	14,560	Diciembre	2,996	abril	2,104

Fuente: elaboración propia con datos del análisis químico del agua, y relacionado con el caudal medio proporcionado por el Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala.

**Figura 3. Sub-cuenca alta del Río Los Esclavos. Sólidos totales****Año 2009**

Fuente: elaboración propia con datos del análisis químico del agua, y relacionado con el caudal medio proporcionado por el Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala.

La figura muestra que en los meses de septiembre y octubre la cuenca del río Los Esclavos arrastra valores de 25,000 a 30,000 metros cúbicos por mes de sedimentos, cantidades que exponen la acelerada degradación de los suelos

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

Es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para medir la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores, mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales.

En el total de microcuencas estudiadas presenta valores positivos que comprende desde 1.86 hasta el total de 123 miligramos por litro en el río Colis, cantidad que refleja el grado de contaminación del agua del río Los Esclavos.

El cuadro 23 presenta el caudal del río Los Esclavos donde se encuentran la unión del total de las microcuencas estudiadas presenta el volumen del caudal medio por mes multiplicado por la cantidad de miligramos por litro, estos muestran un volumen máximo en el mes de septiembre, de igual manera en la figura 4 se evidencia el total de demanda bioquímica de oxígeno en el agua de este afluente.

**Cuadro 23. Sub-cuenca alta del Río Los Esclavos. Demanda Bioquímica de oxígeno**

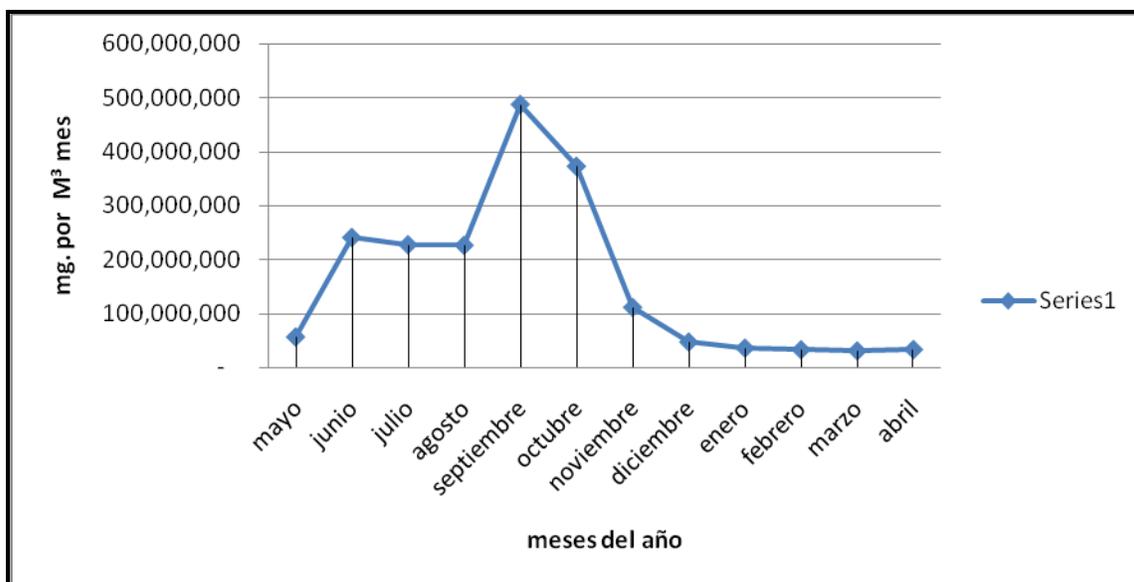
**Año 2009**

meses	Mg. por M <sup>3</sup> mes	Meses	Mg. por M <sup>3</sup> mes	meses	Mg. por M <sup>3</sup> mes
				Medio	
mayo	55,862,784	septiembre	486,466,560	enero	35,209,728
Junio	240,122,880	octubre	372,003,840	febrero	32,223,744
Julio	226,685,952	noviembre	110,730,240	marzo	29,984,256
agosto	225,566,208	diciembre	46,407,168	abril	32,596,992

Fuente: elaboración propia con datos del análisis químico del agua, y relacionado con el caudal medio proporcionado por el Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala.

Figura 4. Sub-cuenca alta del Río Los Esclavos. Demanda bioquímica de oxígeno por mes

Año 2009



Fuente: elaboración propia con datos del análisis químico del agua, y relacionado con el caudal medio proporcionado por el Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala.

Al igual que las demás muestras el río Los Esclavos presente valores de 300,000 a 500,000 miligramos por metro cúbico mensual en el caudal medio, en los meses de septiembre y octubre, en donde se observa que al mermar este, merma los valores de oxígeno.

- **Demanda química de oxígeno**

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 tres horas y en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto, no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.

Los afluentes presentan valores elevados con más de 200 miligramos por litro, calidad del agua que se encuentra según figura 5 pasando de contaminada en color naranja a fuertemente contaminada en el color rojo.

**Figura 5. Escalas de clasificación. Demanda Química de oxígeno**

**Año 2009**

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
$DQO \leq 10$	EXCELENTE No contaminada	AZUL
$10 < DQO \leq 20$	BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable	VERDE
$20 < DQO \leq 40$	ACEPTABLE Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	AMARILLO
$40 < DQO \leq 200$	CONTAMINADA Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	NARANJA
$DQO > 200$	FUERTEMENTE CONTAMINADA Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	ROJO

Escala de clasificación de la calidad del agua, conforme a la Demanda Química de Oxígeno (DQO).  
Fuente: Subdirección General Técnica, CONAGUA.

**Fuente: Subdirección General Técnica del Agua, Evaluación de la calidad del agua, escalas de clasificación. México D.F.**

Los puntos de muestro reflejan desde una mínima de 25 hasta 545 miligramos por litro, presentando los microcuencas con mayor contaminación las de Colís, San Rafael o los Vados, Tapalapa y Los Esclavos.

- **Nitrógeno total**

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

Debido a la fisiografía del terreno, existe mayor concentración de nitrógeno en el agua de la sub-cuenca en estudio, el total de población que se dedica a producir cultivos temporales utiliza fertilizantes químicos, los afluentes se ven afectados debido a que por los nutrientes que contiene tiende a reproducir algas que cubren por completo piedras y materiales que se localizan en el agua, además de su proliferación desmedida, no permite que las especies obtengan suficiente oxígeno obligándolas a emigrar a otros lugares y en algunas ocasiones hasta causarles la muerte.

El nitrógeno que presenta la sub-cuenca alta del río Los Esclavos cambia de valores menores a la unidad con 0.2 a hasta un total de 18 miligramos por litro siendo el río Colís el que presenta mayor elevación. En el cuadro 24 se hace una relación del caudal del río Los Esclavos que es donde ya existe la unión de las micro cuencas estudiadas y se presenta los valores de nitrógeno disueltas en el caudal medio total del mes.

**Cuadro 24. Nitrógeno total Sub-cuenca río Los Esclavos**

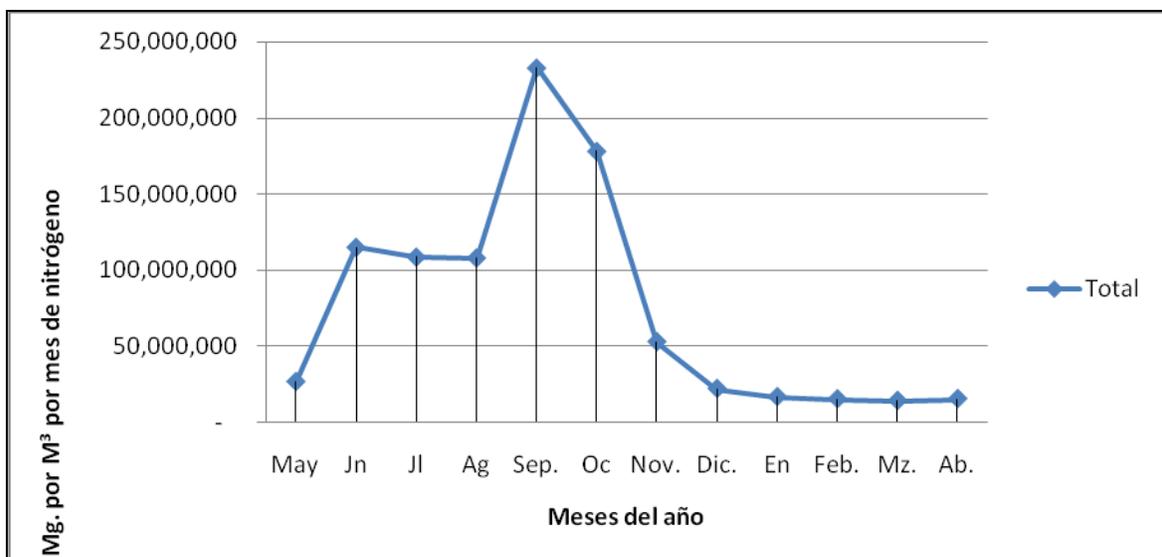
**Año 2009**

Meses	Mg. de Nitrógeno por M <sup>3</sup> mes	Meses	Mg. de Nitrógeno por M <sup>3</sup> p mes	Meses	Mg.de Nitrógeno por M <sup>3</sup> mes
Mayo	26,767,584	Septiembre	233,098,560	enero	16,871,328
Junio	115,058,880	Octubre	178,251,840	febrero	15,440,544
Julio	108,620,352	Noviembre	53,058,240	marzo	14,367,456
agosto	108,083,808	Diciembre	22,236,768	abril	15,619,392

Fuente: elaboración propia con datos del análisis químico del agua, y relacionado con el caudal medio proporcionado por el Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala.

**Figura 6. Sub-cuenca alta del río Los Esclavos. Valores de Nitrógeno**

**Año 2009**



**Fuente:** elaboración propia con datos del análisis químico del agua, y relacionado con el caudal medio proporcionado por el Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala.

En la figura 6 se observa que los puntos más elevados, están representados en los meses de mayo a octubre, dato que refleja que el agua del río Los Esclavos está cargada de nitrógeno, alterando la calidad del agua. Los valores más elevados se encuentran entre 150,000 a más de 250,000 miligramos por litro el caudal medio de los meses de septiembre y octubre.

- **Fósforo total**

El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico. Los resultados demuestran que existen valores menores a la unidad en 6 de los puntos establecidos de la muestra, siendo el río Colís el que presenta un valor de 5 miligramos por centímetro.

En el cuadro 25 se hace un análisis relacionando los valores de nitrógeno con el caudal total por mes, el que refleja el incremento de valores en los meses de mayo a noviembre, encontrándose el punto máximo en el mes de septiembre.

**Cuadro 25. Valores de fósforo dentro del caudal medio de agua**

**Sub-cuenca alta del río Los Esclavos. Cifras expresadas en miligramos por litro.**

**Año 2009**

Meses	Mg. de fósforo por M <sup>3</sup> mes	Meses	Mg. de fósforo por M <sup>3</sup> mes M <sup>3</sup>	Meses	Mg. de fósforo por M <sup>3</sup>
Mayo	3,491,424	septiembre	30,404,160	enero	2,200,608
Junio	15,007,680	octubre	23,250,240	febrero	2,013,984
Julio	14,167,872	noviembre	6,920,640	marzo	1,874,016
Agosto	14,097,888	diciembre	2,900,448	abril	2,037,312

**Fuente:** elaboración propia con datos del análisis químico del agua, y relacionado con el caudal medio proporcionado por el Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala.

Figura 7. Sub-cuenca alta del río Los Esclavos. Valores de fósforo dentro del caudal medio de agua



Fuente: elaboración propia con datos del análisis químico del agua, y relacionado con el caudal medio proporcionado por el Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala.

- **Grasas y aceites**

Los valores determinados de grasas y aceites están comprendidos entre 0.001 hasta 0.2 los resultados muestran una baja cantidad de estas sustancias, por lo que es aconsejable que el agua se mantenga a niveles aceptables para evitar pérdidas en la biodiversidad.

- **Coliformes fecales**

Esta variable ofrece una estimación del grado de contaminación fecal de residuos humanos y animales. El grupo incluye: Coliformes fecales, comunes en el tracto intestinal de humanos y de animales de sangre caliente, y no fecales, que se presentan naturalmente en suelos y en vegetación.

Para el presente estudio no se realizó esta medida, se estima que el agua de la sub-cuenca se encuentra contaminada por este tipo de residuos, debido a que el 90% de los centros poblados estudiados desfogon drenajes de aguas servidas en los ríos que forman el área en estudio (ver fotografías de anexo 6).

#### **4.1 CONSUMO DE AGUA**

El agua que se encuentra dentro la sub-cuenca alta del río Los Esclavos incluye la que se encuentra sobre la superficie terrestre que forma los ríos, riachuelos y la caldera de la laguna de Ayarza, de esta una parte es evaporada por la radiación solar y el viento las que forman nubes y por medio de la lluvia es irrigada por toda la región, esta puede ser consumida por las plantas, la que sobra fluye hacia las corrientes de agua, otra parte se infiltra formando las subterráneas.

Para el presente documento se determinó que el agua es consumida por el uso doméstico, agroindustrial, riego y por evapotranspiración:

Para calcular la del uso doméstico se utilizó la población urbana (59,363) y rural (73,646) localizada dentro de la sub-cuenca alta del río Los Esclavos y las diferentes fuentes de abastecimiento que corresponde a la utilizada por las familias para: aseo personal, limpieza del hogar y alimentos, esta luego es eliminada como servidas de los hogares, por medio de un drenaje principal, para lo cual se hace referencia al cuadro 25 en donde se determinó que existe un aforo total de 75 galones por segundo en toda el área en época de verano.

El despulpe de café representa un consumo aproximado de agua de 1'204,704 metros cúbicos debido a que se utiliza un valor de 300 litros por quintal procesado (según información proporcionada por ANACAFE). El agua de la sub-cuenca alta del río Los Esclavos se encuentra alterada con las mieles y restos de pulpa de café, efecto que cambia su estado natural, aunado con otras sustancias que se describen el cuerpo de la presente investigación.

La utilizada para riego es de un aproximado de 1,303,680 metros cúbicos para lo cual se utilizó un valor de 830 metros cúbicos por hectárea y 24 riegos al año, debido a que únicamente se utiliza la técnica por aspersión en la región denominada el valle en Nueva Santa Rosa, Casillas y San Rafael las Flores.

**Cuadro 26. Consumo de agua Sub-cuenca alta del río Los Esclavos****Año 2009**

Tipo de abastecimiento	Urbana personas	Litros por persona Por día	Rural Personas	Litros por persona Por día	Metros cúbicos al año	Saldo Metros cúbicos
<b>CANTIDAD DE AGUA</b>						394'295,040
<b>(-) GASTOS</b>						
Tubería serv. Domiciliar	36,471	200	50,950	100	4,522,058	
Tubería serv. varios hogares	2,164	100	2,280	75	141,401	
Tubería serv. Comunal	16,800	100	6,324	75	786,320	
Pozo	1,404	50	4,876	50	702,187	
Camión o tonel	112	25	356	25	4,271	
Río, lago, o manantial	556	25	6,180	25	61,466	
Otro	<u>59,363</u>		<u>73,646</u>		<u>6,259,094</u>	
Uso doméstico						1,204,705
(-) Uso agroindustrial **						1,303,680
(-) Uso agrícola **						<u>8,767,479</u>
280m3 /hectárea /24 riegos						8'767,479
<b>Total consumo</b>						
Disponibilidad de agua						385'527,562
						=====

**Fuente:** elaboración propia con datos proporcionados por el Instituto Nacional de Electrificación, e INSIVUHME, Secretaría de Planificación y programación SEGEPLAN e investigación de campo.

El cuadro muestra una disponibilidad consistente en 385'527,561 metros cúbicos de agua, la que puede ser utilizada para algunos usos con tratamiento previo, debido a las malas prácticas de desfogue de los drenajes que mezclan las naturales con las servidas (ver fotografías de anexo 6). Se determinó que en época seca existen comunidades que carecen del vital líquido, debido a que por lo escaso de los bosques los nacederos disminuyen y por la fisiografía del terreno no existe una adecuada distribución del recurso hídrico, y en época lluviosa se traslada de forma inmediata a la sub-cuenca media y baja.

## **4.2 EFECTOS EN LA SALUD HUMANA**

Con información recopilada en las oficinas centrales y en las del departamento de Santa Rosa del Ministerio de Salud Pública y Asistencia social así como la investigación de campo, se ha elaborado el cuadro 27, correspondiente a la morbilidad de las personas<sup>8</sup> en cada uno de los municipios de la sub-cuenca alta, se muestran los resultados obtenidos donde refleja que existen malos manejos del ambiente, especialmente del agua que se consume, los efectos se reflejan en la salud de las personas debido a que son usuarios directos e indirectos, se puede apreciar que las personas han acudido a un centro de salud para asistencia médica donde se observa la cantidad de 127,269 consultas, de las cuales 15,660 son específicamente relacionadas con el agua, de estas enfermedades predominan las diarreas, el cuadro incluye un total de 1,414 consultas por consumo de alimentos y agua contaminada en el municipio de San Rafael Las Flores.

En lo que se refiere al mayor número de personas atendidas se localizaron en Nueva Santa Rosa y Fraijanes con un 26% y un 17% respectivamente.

---

<sup>8</sup> El término morbilidad es de uso médico y científico, sirve para señalar la cantidad de personas o individuos considerados enfermos o víctimas de una enfermedad en un espacio y tiempo determinados. La morbilidad es, entonces, un dato estadístico de altísima importancia para poder comprender la evolución y avance o retroceso de una enfermedad, así también como las razones de su surgimiento y las posibles soluciones. Consultado vía electrónica en <http://www.definiciónabc.com/salud/morbilidad.php>, el 20 de septiembre de 2010.

**Cuadro 27. Morbilidad de los habitantes Sub-cuenca alta del río Los Esclavos****Año 2009**

<b>Enfermedad de origen hídrico</b>	<b>San J. Pinula</b>	<b>Fraijanes</b>	<b>Santa Cruz Naranjo</b>	<b>Mataques Cuintla</b>	<b>San Rafael Las Flores</b>	<b>Casillas</b>	<b>Santa Rosa de Lima</b>	<b>Nueva Santa Rosa</b>	<b>Totales</b>
Parasitismo intestinal	574	1,018	0	887	0	1,236	411	1,298	5,424
Micosis no especificada	238	350	0	0	239	0	288	830	1,945
Dermatitis no especificada	0	472	0	260	0	0	155	950	1,837
Enfermedades de la piel	0	0	0	0	504	885	0	367	1,756
Amebiasis no especificada	502	409	0	413	0	0	342	0	1,666
Diarreas	0	0	108	851	0	274	385	0	1,618
Enfermedades transmitidas por alimentos y agua	0	0	0	0	1,414	0	0	0	1,414
<b>TOTALES</b>	<b>1,314</b>	<b>2,249</b>	<b>108</b>	<b>2,411</b>	<b>2,157</b>	<b>2,395</b>	<b>1,581</b>	<b>3,445</b>	<b>15,660</b>

Fuente: Investigación de campo elaborada con datos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Según muestra obtenida el 95% de las personas entrevistadas padecen de enfermedades provocadas por contaminación del medio ambiente el mayor porcentaje con estos problemas se localizaron en viviendas cercanas a los beneficios de café, desagües y aguas estancadas que es común en el área de influencia específicamente en invierno, debido a que en verano el agua es escasa. Durante la investigación se dio una epidemia de dengue hemorrágico el que no se especifica en el cuadro anterior.

### **4.3 ESTIMACIÓN DE GASTOS POR ASISTENCIA MÉDICA**

Con el total de personas que fueron atendidas por el servicio de salud pública se ha estimado el gasto promedio en medicamentos que asume esta institución, de lo cual se expresa en el cuadro 28, este dato se obtiene de hacer una relación entre el total de personas que acudieron por enfermedades relacionadas a la contaminación con el valor de gastos en medicamentos que fueron estimados de acuerdo al mercado local, seguidamente se estableció que por enfermedades de origen hídrico se estima un egreso de Q1,553,770.00.

Es de suma importancia mencionar que los datos presentados en el cuadro 28 se ha excluido las consultas que se asumen no se relacionan con la contaminación del agua tal es el caso de los accidentes, enfermedades de los huesos, de vías urinarias, respiratorias y otras, debido a que las causas fueron diferentes a los objetivos que se pretenden con el presente estudio.

### Cuadro 28. Estimación de gastos por asistencia médica

#### Enfermedades de origen hídrico. Sub-cuenca alta río Los Esclavos

Año 2009

Descripción	Cantidad de personas	Gastos en Medicamentos	Total Gastos Ministerio de Salud
Parasitismo intestinal	5,424	50	271,200
Micosis no especificada	1,945	150	291,750
Dermatitis no especificada	1,837	150	275,550
Enfermedades de la piel	1,756	170	283,220
Amebiasis no especificada	1,666	50	83.300
Diarreas	1,618	150	242,700
Enfermedades transmitidas por alimentos y agua	1,414	75	106,050
<b>Total</b>			<b>1'553,770</b>

**Fuente: investigación de campo año 2009. según entrevistas a 382 hogares, así como ministerio de salud pública y asistenta social de Guatemala.**

En el cuadro se muestra el gasto por enfermedades producidas por el deterioro del medio ambiente, si se mejorara este aspecto, el Estado tendría un ahorro significativo, para poder invertirlo en otros rubros como educación ambiental en los diferentes centros educativos, y poner en práctica medidas de mitigación para el mejoramiento de los recursos naturales como infraestructura. De esta forma se podría optimizar los recursos estatales y darle mejor mantenimiento a edificios y equipo médico así como el mobiliario que al momento de la investigación en el 100% de los centros visitados presentaban crisis económica y con deficiencias en quipo.

Con respecto a la muestra obtenida se observa que las personas que padecen de estas enfermedades transitorias han asistido a médico particular por lo menos una vez en el año de la investigación, los que pierden un promedio de tres siete días en sus labores culturales, por lo que se le ha calculado el valor de Q52.00<sup>9</sup> según salario mínimo vigente en Guatemala a la fecha de la investigación, la frecuencia con que se enferman en el año está comprendida entre una a cinco veces, dependiendo la causa.

La consulta médica varía entre Q75 a Q250 por lo que se estimó un promedio de Q150.00, debido a que son personas que acuden a clínica privada.

### Cuadro 29. Gastos por enfermedades de origen hídrico

#### Sub-cuenca alta del río Los Esclavos. Muestra 2008

Descripción	No. de personas	Promedio de días que permanece enfermo	Salario mínimo en Q	Valor que deja de percibir	Valor medicina	Valor consulta médica	Frecuencia en el año que se enferma	Egresos
Gastrointestinales	99	3	52	156	125.00	150.00	3	1,293.00
Diarreas	30	5	52	260	200.00	150.00	4	2,440.00
Dengue	84	6	52	312	150.00	150.00	1	612.00
Enfermedades de la piel	24	5	52	260	150.00	50.00	2	1,120.00
<b>Totales</b>	<b>237</b>			<b>988</b>		<b>750.00</b>		<b>5,465.00</b>

Fuente: Investigación de campo año 2009.

De la muestra obtenida de 382 personas se determinó que los encuestados obtienen un egreso por este concepto de 5,465.00 quetzales, cantidad que parece insignificante, pero al multiplicarla por el total de personas que habitan esta área el gasto se incrementaría considerablemente.

Se observa en el cuadro 29 que 84 personas entrevistadas han padecido de dengue entre los cuales ha existido el hemorrágico que ha causado muertes en los centros poblados más retirados del casco urbano.

<sup>9</sup> Ministerio de Trabajo y Previsión Social de Guatemala, Salario Mínimos, consultado en [www.mintrabajo.gob.gt](http://www.mintrabajo.gob.gt), fecha de consulta 08 de diciembre de 2009.

#### **4.4 INDICADORES PARA DETERMINAR LA PÉRDIDA DE SOSTENIBILIDAD Y SUSTENTABILIDAD DE LA CUENCA**

La sostenibilidad de la sub-cuenca alta del río Los Esclavos está relacionado al bienestar humano la que no se manifiesta en el área de estudio, dado que los atributos ambientales no pueden ser sustituidos por otro capital, que provea bienes y servicios para bienestar de la población.

**Cuadro 30. Indicadores para determinar la pérdida de sostenibilidad**

**Sub-cuenca alta del río Los Esclavos. Año 2009**

Indicador	Descripción
Deterioro del suelo	Suelos erosionados por sobre utilización en un 50% Ver mapa 13
Cantidad y calidad de agua	Disponibilidad de 385'527,562 metros cúbicos de aguas naturales contaminadas con desechos sólidos, líquidos y aguas residuales de despulpado de café las que podrían ser utilizadas únicamente con previo tratamiento
Ecosistemas	Reducción de ecosistemas por expansión de la frontera agrícola y edificación de vivienda popular.
Bosques	Reducción de la cobertura forestal natural por la sustitución de bosques artificiales como plantaciones de café.

**Fuente: Investigación de campo año 2009.**

El desarrollo sostenible para la sub-cuenca alta del Río Los Esclavos no se observa de forma positiva ya que existe un cambio agresivo en la calidad de vida de la sociedad, debido a que se está rebasando la capacidad de carga de los ecosistemas específicamente de los acuáticos, debido a que el agua no es tratada y es contaminada con eses fecales, la que no puede ser utilizada sin previo tratamiento, viéndose afectada además la recreación de los pobladores. Las aguas mieles no permiten que exista suficiente oxígeno afectando la biodiversidad, en donde no existe sostenibilidad ecológica al no mantener sus características fundamentales para una vida

a largo plazo. La sostenibilidad social no se da debido a que los beneficios y costos del proceso no son distribuidos equitativamente entre los diferentes grupos y generaciones, debido a que las rentas son para los dueños de los beneficios que no costean el uso del agua y en las municipalidades únicamente cancelan el Impuesto Único Sobre Inmuebles, por estar registrados como fincas, los pobladores son contratados en forma temporal para la época de beneficiado de café, de los cuales no perciben las prestaciones laborales, y otras como recreación y seguridad social.

Se determinó que sólo en un tercio de la sub-cuenca alta se hacen proyectos de sustentabilidad por medio del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo, entre estos se mencionan, piscicultura, barreras vivas y protección de nacimientos de agua, los que no son suficientes para evitar la contaminación, debido a que los centros poblados se localizan asentados cercanos a los ríos y fuentes de agua.

El área de estudio únicamente existe el sistema de riego por aspersión en la finca El Valle, abastecidos por el río los Esclavos, lo que redundaría en beneficios económicos adicionales a esos productores, en virtud que realizan varias cosechas en el año. No obstante a lo anterior, hay que tomar en cuenta que el agua de este río se encuentra contaminada con eses fecales, por lo que se deduce que el impacto es negativo. Esta agua es apta para riego en cultivos de café, caña de azúcar y maíz, productos que poseen un proceso antes de consumo.

Para la agroindustria en la transformación del jugo de caña en panela no es recomendable debido a que el agua posee restos de fertilizantes y pesticidas químicos que dañan la salud de las personas especialmente el hígado y riñones.

#### **4.4.1 Impacto sobre las familias del área**

El estudio demuestra que el impacto que recae sobre las familias del área es negativo. Los cuadros de morbilidad presentados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia social, muestran que la población que habita la sub-cuenca alta padece principalmente de enfermedades gastrointestinales, diarreicas, parasitismo intestinal, causadas por consumo de alimentos y agua contaminada.

Las microcuencas y la cuenca principal no pueden ser utilizadas para recreación, debido a que el estudio refleja infecciones dermatológicas por contacto del agua del río y al realizar entrevistas con los pobladores han reflejado temor de contagiarse de alguna enfermedad y malas expresiones con respecto al uso del agua.

La biodiversidad de fauna y flora acuática se reduce constantemente, debido a que los resultados químicos del agua muestran que la demanda bioquímica y química de oxígeno es deficiente así como el incremento de fósforo y nitrógeno, dificultando la reproducción de los mismos.

Al momento de la investigación se determinó que el 100% de los municipios estudiados depositan la basura en lugares aledaños a los centros poblados específicamente a un costado del cementerio en barrancos de quebradas de agua, esta posteriormente es quemada causando daños en vías respiratorias (ver fotografías de anexo 6), así como la formación de colonias de mosca y roedores que afectan de forma directa a las personas.

La población de escasos recursos acude a los centros y puestos de salud pública para la asistencia social y representan costos para el Estado, las que poseen mejores ingresos acuden a clínicas privadas, lo que representa un desembolso familiar. Es importante mencionar que la baja calidad de vida e ignorancia de los pobladores no han logrado determinar las razones de sus enfermedades, ya que ellos mismos exponen que para deshacerse de la basura la depositan en corrientes pluviales o en los ríos, y en otras oportunidades la queman sin clasificarla, donde los restos de la basura natural y alimenticias así como el estiércol podría utilizarse como abonó para plantas ornamentales y así ir buscar medidas de mitigación caceras, que ayudarían a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la sub-cuenca alta del río Los Esclavos.

**Cuadro 31. Variables relacionadas al consumo de agua**

**Sub-cuenca alta del río Los Esclavos**

**Año 2009**

Descripción	Población	valoración	Consumo agua m <sup>3</sup> población	valoración	Consumo agua m <sup>3</sup> agro industria	Valoración	Morbilidad origen hídrico	valoración	Gastos enfermedades origen hídrico	valoración
Fraijanes	17,056	M	802,621	M	42,192	M	1,314	M	194,650	A
San José Pinula	27,364	A	1'287,695	A	12,597	B	2,249	A	89,500	M
Santa Cruz										
Naranjo	9,867	B	464,321	M	85,293	M	108	B	16,200	B
Mataquescuintla	7,224	B	339,947	M	238,678	A	2,411	A	231,650	A
San Rafael Las Flores	9,078	B	427,193	M	141,492	M	2,157	A	227,580	A
Casillas	18,938	M	891,184	M	167,373	M	2,395	A	253,350	A
Santa Rosa de Lima	14,825	M	697,635	M	248,478	A	1,518	M	161,850	A
Nueva Santa Rosa	28,657	A	1'348,541	A	268,602	A	3,445	A	394,290	A
<b>Totales</b>	<b>133,009</b>		<b>6'259,094</b>		<b>1,204,705</b>		<b>15,597</b>		<b>1,569,070</b>	

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Electrificación, X censo de población

El cuadro 31 muestra la valoración de los factores que ejercen presión sobre la contaminación del agua con un valor alto (A), medio (M) y bajo representado con la letra B, estos datos reflejan que los municipios que ejercen mayor presión son: San José Pínula, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa de Lima, San Rafael Las Flores y Mataquescuintla, con valor medio los municipios de Fraijanes, Casillas y bajo Santa Cruz Naranjo.

## **CAPÍTULO V**

### **MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA REDUCIR IMPACTOS AMBIENTALES**

En este capítulo se presentan las medidas de mitigación que actualmente se están realizando y las propuestas para frenar el deterioro ambiental.

#### ***5.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN ACTUALES***

La Unidad Especial de Ejecución de Desarrollo Integral de cuencas Hidrofiguras UEEDICH dependencia del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, realiza dentro de la sub-cuenca alta del río Los Esclavos proyectos para mitigar el impacto ambiental. Las acciones se concretan en 7 microcuencas, siendo estas: Llano Grande, Quebrada de Agua, El Infiernillo, Las Minas, Belén, Tapalapa y San Antonio, tal como se observa en el mapa 10.

### Mapa 10. Área de influencia de UEEDICH-MAGA

#### Sub-cuenca alta Río Los Esclavos

AÑO 2008



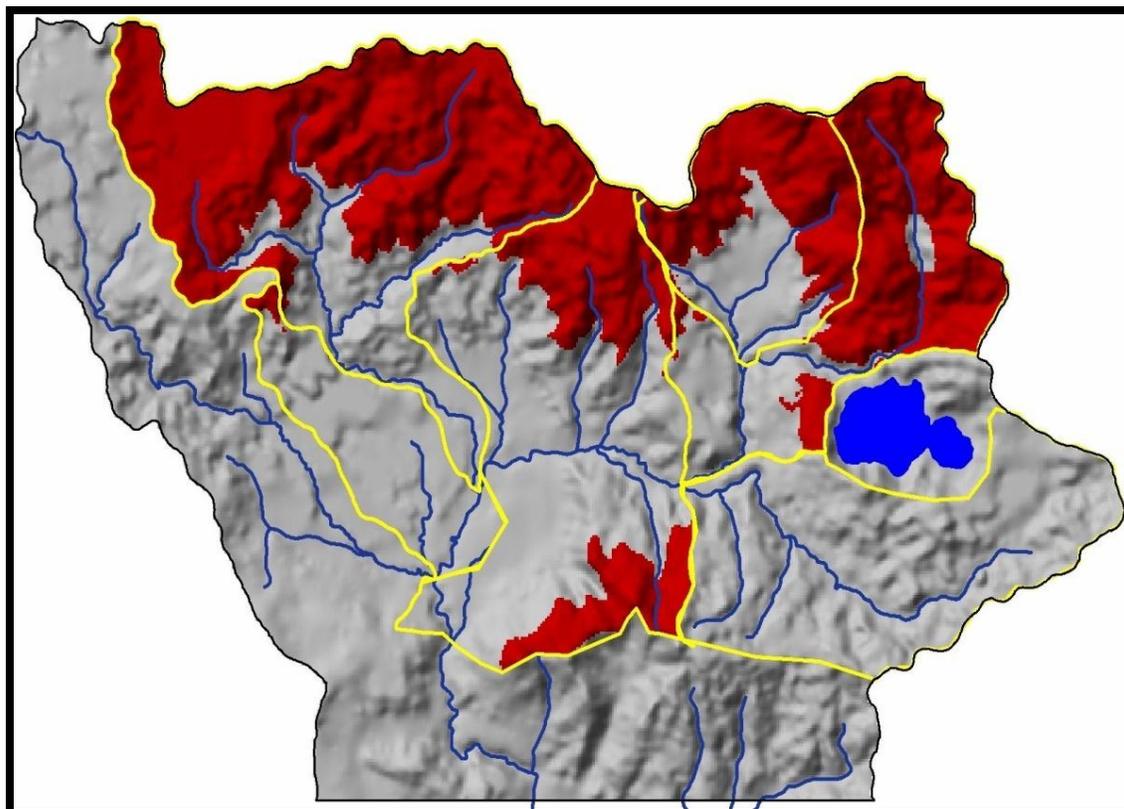
Fuente: Unidad Especial de Ejecución de Desarrollo Integral de cuencas Hidrofigura, Dependencia del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.

Estos proyectos están localizados en Mataquescuintla, Casillas y Santa Rosa de Lima, dejando fuera los demás municipios que forman la sub-cuenca en estudio. Las tareas que realizan son: viveros forestales, barreras vivas, protección de nacimientos de agua, almacenamiento de agua de lluvia, cultivo de pez tilapia. La UEDICH- MAGA, ha trabajado únicamente en dos áreas críticas, que son las de cabecera de la sub-cuenca, dejando las de Fraijanes, San José Pinula, Mataquescuintla fuera, estas áreas críticas tal como se observan en el mapa No. 11.

### Mapa 11. Áreas críticas

Sub-cuenca alta río Los Esclavos

Año 2008



Fuente: Unidad Especial de Ejecución de Desarrollo Integral de cuencas Hidrográfica, Dependencia del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.

Se observa que en la parte oeste de la laguna de Ayarza existe amenaza de deslizamiento, por lo que es urgente la implementación de prácticas de conservación de suelos y evitar que parte de este recurso sea soterrada ya que es una fuente natural de agua, que podría ser aprovechada en caso de escasez y otros usos como recreación, vida silvestre y parques nacionales.

Seguidamente se hace una descripción de los proyectos que esa institución ha realizado con el objetivo de frenar los impactos ambientales como se observa en las fotografías de anexos.

Esta dependencia está reforestando con especies de árboles que se reproducen por semilleros especialmente coníferas que son entregadas a personas particulares para que realice las siembras.

Otra de las medidas detectadas es la conservación de suelos protegidos con barreras vivas sobre curvas a desnivel de cultivos limpios, a los campesinos que lo implementan les otorgan un incentivo de Q90.00 por cuerda, que comprende los mismos municipios de influencia de UEEDICH MAGA.

Una de las deficiencias detectadas consistió en la desinformación que existe en la población y la escasa cobertura de los proyectos, debido a que el 90% de la superficie es quebrada y estos proyectos únicamente cubren un 2 %, el 8% no necesita por la fisiografía casi plana ubicado en los valles.

El proyecto de cosecha de agua de lluvia se lleva a cabo con la coordinación del centro de salud para purificación en las aldeas San Antonio y Cerro León, que consiste en la recolección de lluvia en depósitos de plástico Roto Plast y luego se purifica para uso doméstico. Esta práctica no es suficiente, debido que en el área sólo llueve seis a siete meses.

La Protección de nacimientos de agua es otro de los proyectos que llevó a cabo la UEEDICH MAGA, el que consiste en hacer cajas de captación elaboradas con cemento, hierro y piedrín, para la protección de los nacederos naturales en los centros poblados de El Copante, Pinalitos, el Manzano, Parras, Palo Negro, El Chan Grande y Ayarza, San Antonio, El Izote, Plan Grande. Quesques, Los Vados y un tanque de distribución en San Miguel el Rincón.

Se les dio capacitación a los pobladores de El Retablo, Salitre y Plan Grande para poner en práctica actividades piscícolas por parte de UEEDICH – MAGA para el cultivo de pez tilapia.

Por medio de información de campo recabada se detectó que se han depositado en la laguna de Ayarza alevines de tilapia en dos oportunidades, por lo que se infiere que a la fecha ha desaparecido la especie de la laguna que consistía en pepezca dorada.

## **5.2 PROPUESTAS DE MITIGACIÓN PARA FRENAR EL DETERIORO AMBIENTAL**

Se propone poner en práctica proyectos productivos y sociales para mitigar el deterioro ambiental de la sub-cuenca alta del río los Esclavos, estas deben ser viables y realizadas por personas organizadas en comité, cooperativas u otras asociaciones que busquen el bien común donde pueda existir participación de la comunidad, Alcaldes Municipales y empresas privadas.

### 5.1.1 Lombricomposteras

Se determinó que existen 38 beneficios de café húmedo dentro de la sub-cuenca, en donde se localizan mas de tres millones de quintales de pulpa, datos calculados en el cuadro 15 los que serían utilizados como materia prima para la elaboración de abono orgánico, combinados con lombriz coqueta roja, este proyecto puede ser sostenible con la venta a productores de café de lo que habría una conversión de químico a orgánico y los costos de producción disminuyen debido a que los químicos se encuentran entre Q 125 a Q180 a la fecha de la investigación.

- **Financiamiento interno**

Para la puesta en marcha de esta clase de proyectos se utilizaría la mano de obra de los miembros de comité para realizar labores culturales en la producción, empaque y venta del producto, así como un terreno para realizar fosas con el propósito de transformación del producto.

- **Financiamiento externo**

Por medio de un comité legalmente constituido se pueden obtener préstamos para inversión fija y capital de trabajo, de los cuales se propone la utilización de fideicomiso del café, en donde ANACAFÉ, da asesoría a los productores. Otra fuente es el aprovechamiento de los beneficios que otorga el Programa Nacional de Desarrollo Rural que comprende Santa Rosa, esta institución presenta asesoría y financiamiento a pequeños productores organizados.

### 5.1.2 Plantas de tratamiento de aguas mieles

A la fecha de la investigación el 98% de los beneficios de café húmedo depositan las aguas mieles en el afluente del río los Esclavos, por lo que es urgente mitigarlo, se propone que cada beneficio por lo disperso que se encuentran, exista una planta de tratamiento, que consistirían en elaboración de estanques de captación y reúso del agua, de la cual se puede tomar como modelo los diseños de ANACAFÉ, Es conveniente utilizar plantas de tratamiento formales para mitigar los daños por esta acción.

**Financiamiento interno**

El 100% del financiamiento podría ser interno, debido a que son empresas comerciales que dentro de la implementación de tecnología su obligación es buscar la forma de causar menos daños al ambiente. Uno de los fines de La Asociación Nacional del Café es proporcionar asesoría y financiamiento a estos productores.

### 5.1.3 Plantas de tratamiento de aguas servidas

Nueva Santa Rosa posee una planta de tratamiento para este propósito, la que al momento de la visita dicha infraestructura se encuentra en completo abandono por no poseer la capacidad de captación demandada.

Se hace necesario que cada uno de los Municipios que desfogon sus aguas servidas a los tributarios de la cuenca realice sus propias plantas y así evitar que el agua se contamine.

#### Financiamiento interno

Por medio del sistema SIAFMUNI, se localizó que el presupuesto para el año 2,010, se encuentra un rubro destinado para salud y medio ambiente según se detalla que a finales del año 2009, existía un gasto de Q20,874,543, y Q23,933,761 saldo vigente:

**Cuadro 32. Rubro de salud y ambiente Municipalidades Sub-cuenca alta del río Los Esclavos**

Municipalidad	EJECUTADO 2009	VIGENTE 2010
San José Pinula	4,329,976	6,237,349
Fraijanes	7,723,238	6,637,551
Santa Cruz Naranjo	2,362,505	4,062,231
Mataquescuintla	2,934,205	2,136,000
San Rafael Las Flores	876,528	1,731,648
Casillas	2,952,364	105,972
Santa Rosa de Lima	1,515,966	108,453
Nueva Santa Rosa	1,113,966	2,914,557
<b>Totales</b>	<b>20,874,543</b>	<b>23,933,761</b>

Fuente: elaboración propia con datos del sistema administración Financiera consultado en <http://siafmuni,minfin.gob.gt>.

En el cuadro se observa que los alcaldes municipales poseen fondos para el rubro de salud y ambiente, con la controversia de que estos son utilizados específicamente en salud, debido a que los grados de morbilidad en el área son elevados y se deja por último el ambiente. En lo que se refiere la cantidad vigente se observa que los municipios de Santa Rosa son los que poseen

fondos insuficientes para elaborar proyectos que ayudarían a mejorar la calidad de vida de los pobladores.

- **Financiamiento externo**

Es importante mencionar que la cantidad destinada para medio ambiente no es suficiente para cubrir los gastos, por lo que es importante que los alcaldes municipales puedan buscar formas de financiamiento de otras fuentes, como Gobierno Central, Cooperación internacional u otro viable y poner en práctica las medida de mitigación planteadas para mejorar el medio ambiente.

#### **5.1.4 Plantas de tratamiento de desechos sólidos:**

Nueva Santa Rosa que posee infraestructura para el tratamiento de los desechos sólidos. Al momento de la investigación no se encontraba en uso, los desechos son depositados en el botadero municipal a cielo abierto al igual que los otros municipios.

- **Financiamiento interno**

Las municipalidades deben hacer inversiones en infraestructura. Ampliar la que existe en Nueva Santa Rosa. Cobrar por camión que ingrese a las instalaciones, y por la venta de los materiales reciclables, (cartón, hierro, vidrio, plásticos) hacer proyectos sociales auto-sostenibles.

- **Financiamiento externo:**

El Alcalde en funciones debe buscar financiamiento externo para la ampliación de la planta existente así como para la compra de equipo, debido a que se determinó que para poder colaborar con otros municipios es pequeña, donaciones que se puede Gestionar al gobierno central y Cooperación internacional con equipo y maquinaria para sus diferentes procesos.

#### **5.1.5 Educación en salud ambiental**

En la sub-cuenca alta del Río Los Esclavos, no existen programas de educación ambiental, las personas no hacen separación de materiales y los depositan en cualquier lugar.

- **Financiamiento interno**

Es posible utilizar los fondos del rubro de salud a ambiente reflejado en el cuadro 29, según presupuesto para el año 2009 el cual refleja un saldo positivo para el año 2010 de Q23,933.762, según información publicada en el portal del SIAFMUNI, para la implementación de programas de educación ambiental, a estudiantes de los diferentes medios, así como letreros informativos y suficientes depósitos para la basura, especialmente para clasificación, por colores.

- **Financiamiento externo**

Por medio del presupuesto del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social se puede solicitar capacitación para implementar medidas, así como solicitud a la Cooperación Internacional, y otras que sean viables.

## CONCLUSIONES:

Al finalizar la investigación se presentan las conclusiones a las que se arribó en donde se visualiza los problemas ambientales que afectan a los habitantes de la sub-cuenca alta del río Los Esclavos:

- 1- El incremento de la población contribuye con la presión que se ejerce sobre los recursos naturales de la sub-cuenca alta del río Los Esclavos, en el sentido de provocar deforestación para la implementación de zonas urbanísticas que emigran de la Ciudad Capital y de las zonas rurales en busca de desarrollo económico, de la misma manera se provoca contaminación del agua al verter sus desechos líquidos y sólidos en las microcuencas que forma el afluente en estudio.
- 2- El beneficiado de café que se realiza dentro del área que forma la cuenca alta del río Los Esclavos, contribuye a la contaminación del agua de los afluentes tributarios de está. Acción que vierte aguas mieles, en el proceso se mezclan con el agua natural resultando de difícil separación, este proceso causa daños irreparables al ambiente, debido a que la demanda química y bioquímica del oxígeno se eleva, y acelera el proceso de degradación, al comprometer la sostenibilidad del agua del afluente.
- 3- La expansión de la frontera agrícola, es otro de los factores que aunado con la deforestación para la implementación de cultivos temporales, semitemporales y permanentes al utilizar fertilizantes químicos en la agricultura, retornando colas a los afluentes de agua.
- 4- Otros de los factores que contribuyen a la contaminación del agua, consiste en que los habitantes de la parte alta del río Los Esclavos, no poseen suficiente educación ambiental, aunado con los bajos niveles educativos, y la deficiente capacitación a los educadores para poder transmitir la importancia de un ambiente saludable para los diferente usuarios del recurso hídrico de la zona.

## RECOMENDACIONES

Con el propósito de presentar resultados oportunos para mitigar la contaminación constante a la que está afectada la sub-cuenca alta del río Los Esclavos, se presentan las siguientes recomendaciones:

- 1- Que las organizaciones sociales establecidas en cada Municipio tales como los Consejos Comunitarios de Desarrollo, representantes de cada comunidad y el Consejo Municipal de Desarrollo, coordinen acciones con la Corporación Municipal a efecto de definir medidas para reducir los niveles de contaminación que se provoca por el crecimiento poblacional. De la misma manera los Alcaldes Municipales de cada uno de los pueblos ubicados en la sub-cuenca alta unan esfuerzos para crear un proyecto de tratamiento de desechos sólidos del área y así mejorar el saneamiento de la cuenca, que es una fuente de agua vital para la población y especies del área.
- 2- Que las entidades organizadas soliciten al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación capacitación para realizar proyectos productivos de acuerdo a la vocación de los suelos e implementación de cultivos limpios y con tecnologías avanzadas como lo es el minirriego y así evitar la expansión de la frontera agrícola.
- 3- Que los Alcaldes Municipales se apeguen al acuerdo gubernativo 236-2006, (Reglamento de las descargas y re uso de aguas residuales y de la disposición de lodos) de tratamiento de aguas residuales y obligue a los usuarios de la cuenca a hacer sus propias plantas de tratamiento de aguas servidas para poder mejorar la calidad del agua. De la misma manera los propietarios de beneficios de café soliciten a la Asociación Nacional del Café capacitación y financiamiento para realizar procesos más limpios.
- 4- que los directores de establecimientos educativos unan esfuerzos con, padres de familias y alumnos para solicitar al Ministerio de educación capacitación sobre temas relacionados con el saneamiento ambiental y medidas de mitigación para reducir impactos en la salud de los habitantes de la sub-cuenca alta del río Los Esclavos.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR CATALÁN, J. A. (2002). Metodologías de la Investigación para los Diagnósticos Socioeconómicos (Pautas para el desarrollo de las regiones que han sido mal administradas) Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, enero 2002.

Bejar, M. V. (2002). COMITE REGIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. COSTA RICA: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.

CENGICAÑA. (s.f.). *Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar*. Recuperado el 4 de Diciembre de 2009, de [www.cengicana.org/portar/compartir/manuales/cuenca](http://www.cengicana.org/portar/compartir/manuales/cuenca)

CAPITAL HÍDRICO DE GUATEMALA, Consulta electrónica en HYPERLINK "<http://www.aguay.com>" [www.aguay.com](http://www.aguay.com), capital hídrico, uso y clima de la república de Guatemala, fecha de consulta julio de 2009.

CENTRO GUATEMALTECO DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR, investigación, las cuencas hidrofiguras de la zona cañera guatemalteca y su entorno, consultada electrónica en [www.cengicana.org/portar/compartir/manuales/cuenca](http://www.cengicana.org/portar/compartir/manuales/cuenca), consulta de fecha enero 2010

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA, Código Municipal, Decreto 12-2002

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA, Ley de áreas protegidas y su reglamento, Decreto 4-89

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA, Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente decreto 68-86

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA, Ley de sanidad vegetal y animal decreto 36-98

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA, Ley forestal, Decreto 101-96

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA, Ley de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural, Decreto 11-202

DEFINICIÓN DEL GERMOPLASMA, consultado vía electrónica en <http://wiki.pedia.org>. Org de fecha marzo de 2,010.

DEFINICIÓN DE BIOCIDAS, consultado vía electrónica en [www.wikipedia.org/wiki/biocida](http://www.wikipedia.org/wiki/biocida). Fecha de consulta septiembre de 2,010.

DEFINICIÓN DE AGUAS INTERIORES, consultado vía electrónica en HYPERLINK "[http://es.wikipedia.org/wiki/aguas interiores](http://es.wikipedia.org/wiki/aguas_interiores)", fecha de consulta septiembre de 2010.

DEFINICIÓN DE MORBILIDAD, Consultado vía electrónica en <http://www.bc.com/sakud/morbilidad.Php>, fecha de consulta septiembre de 2010.

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO, POTENCIALIDADES PRODUCTIVAS Y PROPUESTAS DE INVERSIÓN, DEL MUNICIPIO DE MATAQUESCUINTLA, DEPARTAMENTO DE JALAPA, Ejercicio Profesional Supervisado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, año 2005.

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO, POTENCIALIDADES PRODUCTIVAS Y PROPUESTAS DE INVERSIÓN, DEL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES, Departamento de Santa Rosa, Ejercicio Profesional Supervisado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas año 2006.

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO, POTENCIALIDADES PRODUCTIVAS Y PROPUESTAS DE INVERSIÓN, DEL MUNICIPIO DE CASILLAS, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA, Ejercicio Profesional Supervisado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas año 2006.

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO, POTENCIALIDADES PRODUCTIVAS Y PROPUESTAS DE INVERSIÓN, DEL MUNICIPIO DE NUEVA SANTA ROSA, Departamento de Santa Rosa, Ejercicio Profesional Supervisado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas año 2006.

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO, POTENCIALIDADES PRODUCTIVAS Y PROPUESTAS DE INVERSIÓN, DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA, Ejercicio Profesional Supervisado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, año 2006 .

DIVISIÓN POLÍTICA DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA, consultado vía electrónica en [larutamayaonline.com/Guatemala/mapas](http://larutamayaonline.com/Guatemala/mapas), fecha de consulta agosto de 2009

Hernández, O. C. (2008). *PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL EN POLÍTICAS AMBIENTALES (FIPA/AID)*. Recuperado el 16 de octubre de 2009, de [www.rlc.fao.org/foro/psa/def](http://www.rlc.fao.org/foro/psa/def)

MINISTERIO DE TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL DE GUATEMALA, Salarios mínimos, consultado vía electrónica en [www.minitrabajo.gob.gt](http://www.minitrabajo.gob.gt). fecha de consulta diciembre de 2009

OSCAR HERNÁNDEZ, CARLOS COBOS, ARIEL ORTÍZ, JUAN CARLOS MENDEZ, Programa de fortalecimiento institucional en políticas ambientales, consultado vía electrónica en HYPERLINK "<http://www.rlc.fao.org/foro/psa/default.htm>" [www.rlc.fao.org/foro/psa/default.htm](http://www.rlc.fao.org/foro/psa/default.htm) fecha de consulta 05 de enero de 2,010

PERFIL AMBIENTAL DE GUATEMALA Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática, Guatemala, 2006

PLAN DE MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO NARANJO, Guatemala, abril 2010.

SIMONS CHARLES, S.J.M. TÁRANO, J.H. PINTO, Manual de clasificación y reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala, 1962.

UBA. (s.f.). *Microinmuno*. Recuperado el Agosto de 2010, de <http://www.microinmuno.qb.fcen.uba.ar/SeminarioAguas.htm>

VILLÓN BÉJAR MÁXIMO, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Agrícola, Comité Regional de Recursos Hidráulicos, años febrero 2002

#### ENTIDADES VISITADAS

MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN DE GUATEMALA –MAGA-

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DE GUATEMALA

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DE GUATEMALA

INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES DE GUATEMALA

MUNICIPALIDADES QUE PERTENECEN A LAS SUB CUENCA ALTA DEL RÍO LOS ESCLAVOS.

## ANEXO 1

División política de Guatemala y sus colindancias

Año 2009



Fuente: división política de la república de Guatemala, consulta vía electrónica en [larutamayaonline.com/Guatemala/mapas](http://larutamayaonline.com/Guatemala/mapas), fecha de consulta agosto de 2009.

El mapa presenta la división política de la república de Guatemala, en donde se localizan los departamentos que muestra Guatemala, Jalapa y Santa Rosa, parte de estos son objeto de estudio, para la presente tesis.

**ANEXO 2**  
**Cuencas hidrofiguras de la república de Guatemala**  
**Año 2009**

No.	Cuenca	Área Km <sup>2</sup>	Longitud Km <sup>2</sup>	Nombre estación hidrométrica de control
-----	--------	----------------------	-----------------------------	--

**CUENCAS DE LA VERTIENTE DEL OCEANO PACIFICO**

1.1	Coatán	270	30.1	
1.2	Suchiate	1,054	161.00	
1.3	Naranjo	1,273	104.55	Coatepeque
1.4	Ocosito	2,035	106.80	Caballo Blanco
1.5	Salamá	1,510	145.00	Candelaria
1.6	Sis Icán	919	52.80	Bracitos
1.7	Nahualate	1,941	130.30	San Mauricio
1.8	Atitlán	541	N/d	
1.9	Madre vieja	1,007	125.50	Palmira
1.10	Coyolate	1,648	154.95	Puente Coyolate
1.11	Acomé	706	n/d	
1.12	Achiguate	1,291	111.00	Alotenango
1.13	Maria Linda	2,727	70.10	Guacamayas
1.14	Paso Hondo	512	55.2	
1.15	Los Esclavos	2,271	144.80	La Sonrisa
1.16	Paz	1,732	133.80	El Jobo
1.17	Ostúa Guija	2,243	91.4	
1.18	Olopa	310	422.00	
	<b>TOTAL ÁREA</b>	<b>23,990</b>		

**CUENCAS DE LA VERTIENTE DEL CARIBE**

2.1	Grande de Zacapa	2,462	86.55	Camotán
2.2	Motagua	12,670	486.55	Morales
2.3	Río Dulce	3,435	290	
2.4	Polochic	2,811	193.65	Telemán
2.5	Cahabón	2,459	195.95	Cahaboncito
2.6	Sarstún	2,109	n/d	
2.7	Mopán Belice	8,159	n/d	
2.8	Hondo	2,930.4	209.00	
2.9	Moho	643.3	n/d	

2.10	Temash TOTAL ÁREA	68.8 37,748	n/d	
------	----------------------	----------------	-----	--

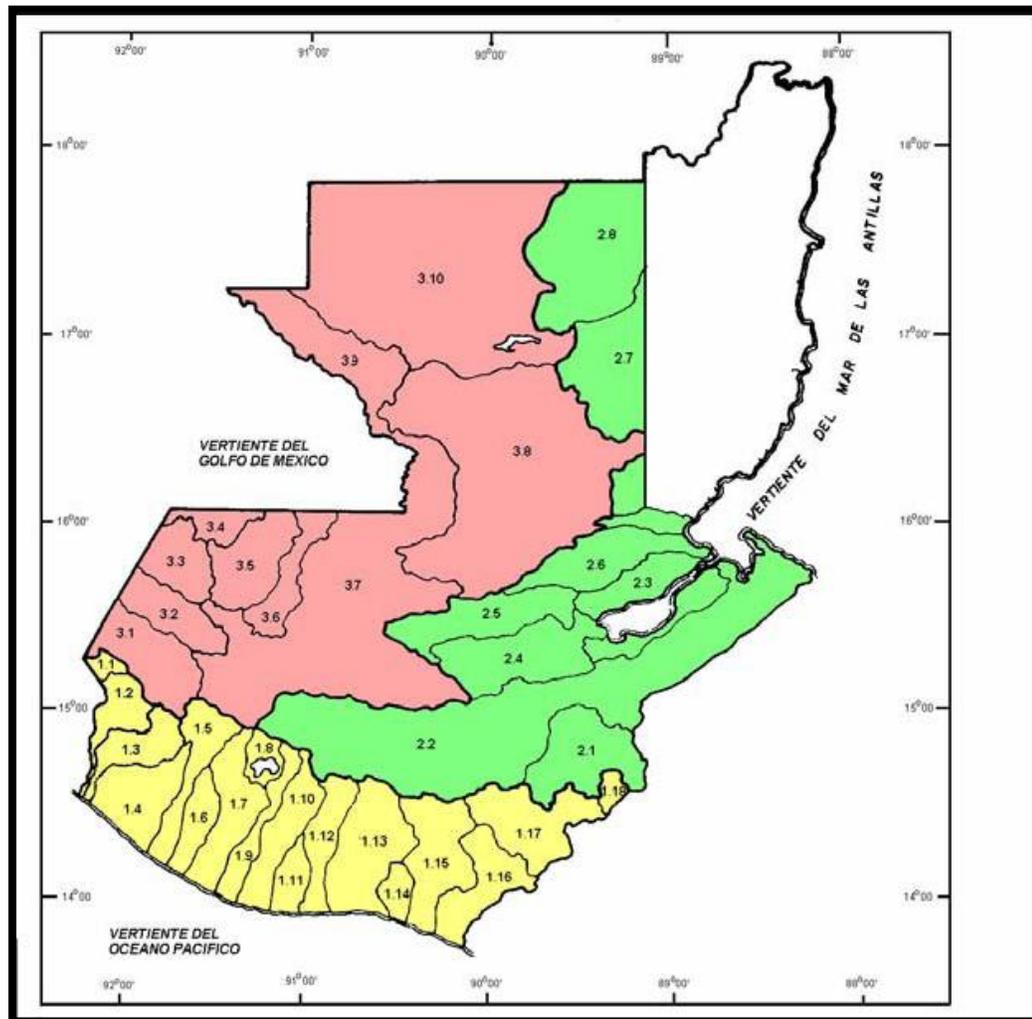
CUENCAS DE LA VERTIENTE DEL GOLFO DE MÉXICO

3.1	Cuilco	2,274	n/d	Chojil	
3.2	Selegua	1,535	101.75		
3.3	Nentón	1,451	59.2		
3.4	Pojóm	813	n/d		
3.5	Ixcán	2,085	102.3		
3.6	Xaclbal	1,366	130.3		
3.7	Chixoy	12,150	n/d		
3.8	La Pasión	12,156	353.90		El Porvenir
3.9	Usumacinta	2,638	560.00		
3.10	San Pedro	14,335	186.25		San Pedro Mactún
	TOTAL ÁREA	50,803			

**Fuente:** Consulta electrónica en [www. agua y clima. com.](http://www.agua.y.clima.com) capital hídrico, uso y clima de la república de Guatemala, fecha de consulta julio 2009.

## ANEXO 3

Mapa de vertientes y cuencas hídricas de Guatemala  
Año 2008



Fuente: López Choc: Fernando. Capital hídrico y usos del agua en Guatemala. En [www.aguayclima.com/pdf/capital hídrico de Guatemala](http://www.aguayclima.com/pdf/capital%20h%C3%ADdrico%20de%20Guatemala). Fecha de consulta septiembre 2009.

## ANEXO 4

## Morbilidad de los habitantes de la sub-cuenca alta del río Los Esclavos

Año 2009

Nombre de la enfermedad	San J. Pinula	Fraijanes	Santa Cruz Naranjo	Mataques- Cuintla	San Rafael Las Flores	Casillas	Santa Rosa de Lima	Nueva Santa Rosa	Totales
<u>Enfermedades de origen hídrico</u>									
Parasitismo intestinal	574	1,018	0	887	0	1,236	411	1,298	5,424
Micosis no especificada	238	350	0	0	239	0	288	830	1,945
Dermatitis no especificada	0	472	0	260	0	0	155	950	1,837
Enfermedades de la piel	0	0	0	0	504	885	0	367	1,756
Amebiasis no especificada	502	409	0	413	0	0	342	0	1,666
Diarreas	0	0	108	851	0	274	385	0	1,618
Enfermedades transmitidas por alimentos y agua	0	0	0	0	1,414	0	0	0	1,414
Subtotal	<u>1,314</u>	<u>2,249</u>	<u>108</u>	<u>2,411</u>	<u>2,157</u>	<u>2,395</u>	<u>1,581</u>	<u>3,445</u>	<u>15,660</u>
<u>Enfermedades respiratorias</u>									
Infecciones respiratorias agudas	0	0	1,517	2,828	1,443	3,931	6,952	0	16,671
Resfriado común	0	2,468	0	0	1,553	0	0	6,816	10,837
Amigdalitis aguda no especificada	672	2,257	0	470	0	0	0	3,968	7,367
Rinofaringitis aguda	1,658	0	0	827	0	0	0	0	2,485
Bronquitis aguda	0	873	0	0	0	148	134	0	1,155
Asma no especificadas	273	517	0	51	51	0	0	0	892
Neumonías y bronconeumonías	0	0	104	0	364	392	0	0	860
Subtotal	<u>2,603</u>	<u>6,115</u>	<u>1,621</u>	<u>4,176</u>	<u>3,411</u>	<u>4,471</u>	<u>7,086</u>	<u>10,784</u>	<u>40,267</u>

<u>Otras enfermedades</u>									
Infecciones vías urinarias	870	1,213	0	1,967	856	0	492	1,793	7,191
Gastritis no especificada	512	1,227	0	1,410	0	0	412	1,351	4,912
Anemia de tipo no especificada	183	264	0	965	79	293	161	1,210	3,155
Artritis no especificada	160	0	0	0	116	92	104	1,123	3,147
Conjuntivitis no especificada	292	590	0	293	159	161	140	665	2,300
Neuralgia o neuritis no especificada	0	286	0	964	0	0	145	844	2,239
Alergias	0	268	0	238	161	224	182	997	2,070
Lesiones por accidente	702	932	0	296	0	362	182	613	1,535
Cefalea por tensión	0	359	0	430	0	0	199	485	1,473
Hipertensión arterial	179	294	0	253	0	0	273	318	1,317
Enfermedades pépticas	0	0	0	0	494	522	0	0	1,016
Otros trastornos específicos no inflamatorios	0	866	0	240	0	0	0	0	1,106
Otitis media no especificada	274	368	0	0	0	0	152	561	1,355
Restos de causas	6,855	6,548	1	4,048	4,490	5,592	1,908	9,084	38,526
Subtotal	<u>10,027</u>	<u>13,215</u>	<u>1</u>	<u>11,104</u>	<u>6,355</u>	<u>7,246</u>	<u>4,350</u>	<u>19,044</u>	<u>71,342</u>
TOTALES	13,944	21,579	1,730	17,691	11,923	14,112	13,017	33,273	127,269

Fuente: Investigación de campo elaborada con datos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

## ANEXO 5

### Alteraciones físicas, químicas y biológicas del agua

Alteraciones físicas	Características y contaminación que indica
Color	El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen. Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación
Olor y sabor	Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor.
Temperatura	El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14°C.
Materiales en suspensión	Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas)
Radiactividad	Las aguas naturales tienen unos valores de radiactividad, debidos sobre todo a isótopos del K. Algunas actividades humanas pueden contaminar el agua con isótopos radiactivos.
Espumas	Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras.
Conductividad	El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C

### Alteraciones químicas del agua

Alteraciones químicas	Contaminación que indica
<b>pH</b>	<p>Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO<sub>2</sub> disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, 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<sub>2</sub> formando un sistema tampón carbonato/bicarbonato.</p> <p>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, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etc.</p>
<u>Oxígeno disuelto OD</u>	<p>Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.</p>
Materia orgánica biodegradable: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	<p>DBO<sub>5</sub> 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 a los cinco días. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cual está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta.</p>
Materiales oxidables: Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<p>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 tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.</p>
Nitrógeno total	<p>Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización.</p> <p>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.</p>

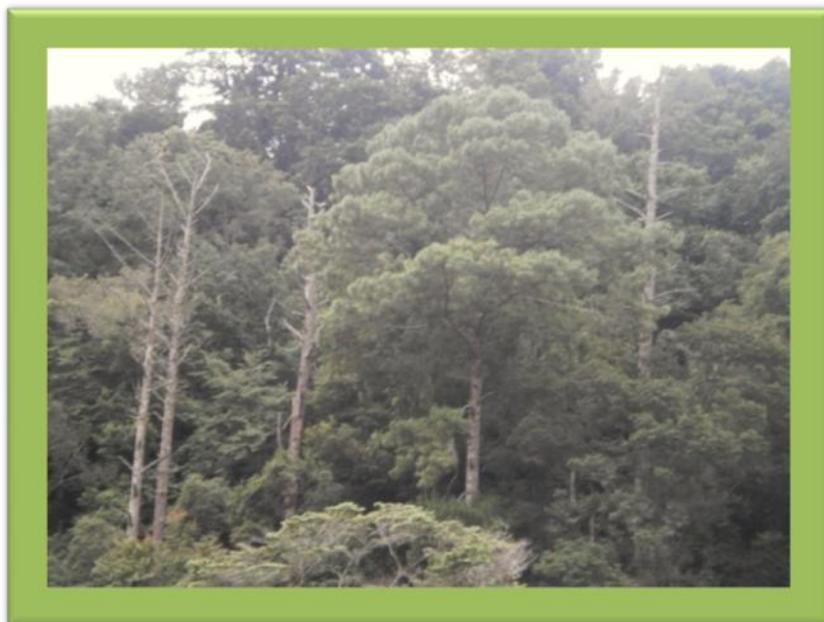
Fósforo total	<p>El fósforo, como el nitrógeno, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización.</p> <p>El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico.</p>
<p>Aniones:</p> <p>Cloruros</p> <p>Nitratos</p> <p>Nitritos</p> <p>Fosfatos</p> <p>Sulfuros</p> <p>Cianuros</p> <p>Fluoruros</p>	<p>Indican salinidad</p> <p>Indican contaminación agrícola</p> <p>Indican actividad bacteriológica</p> <p>Indican detergentes y fertilizantes</p> <p>Indican acción bacteriológica anaerobia (aguas negras, etc.)</p> <p>Indican contaminación de origen industrial</p> <p>En algunos casos se añaden al agua para la prevención de las caries, aunque es una práctica muy discutida.</p>
<p><u>Cationes:</u></p> <p>Sodio</p> <p>Calcio y magnesio</p> <p>Amonio</p> <p>Metales pesados</p>	<p>Indica salinidad</p> <p>Están relacionados con la dureza del agua</p> <p>Contaminación con fertilizantes y heces</p> <p>De efectos muy nocivos; se bioacumulan en la cadena trófica;</p>
Compuestos orgánicos	<p>Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos. Los fenoles pueden estar en el agua como resultado de contaminación industrial y cuando reaccionan con el cloro que se añade como desinfectante forman clorofenoles que son un serio problema porque dan al agua mal olor y sabor.</p>

### Alteraciones biológicas del agua

Alteraciones biológicas del agua	Contaminación que indican
<u>Bacterias coliformes</u>	Desechos fecales
Virus	Desechos fecales y restos orgánicos
Animales, plantas, microorganismos diversos	Eutrofización

### Cuadro de enfermedades por patógenos contaminantes de las aguas

Tipo de Microorganismo	Enfermedad	Síntomas
Bacterias	Cólera	Diarreas y vómitos intensos. Deshidratación. Frecuentemente es mortal si no se trata adecuadamente
Bacterias	Tifus	Fiebres. Diarreas y vómitos. Inflamación del bazo y del intestino.
Bacterias	Disentería	Diarrea. Raramente es mortal en adultos, pero produce la muerte de muchos niños en países poco desarrollados
Bacterias	Gastroenteritis	Náuseas y vómitos. Dolor en el digestivo. Poco riesgo de muerte
Virus	Hepatitis	Inflamación del hígado e ictericia. Puede causar daños permanentes en el hígado
Virus	Poliomielitis	Dolores musculares intensos. Debilidad. Temblores. Parálisis. Puede ser mortal
Protozoos	Disentería amebiana	Diarrea severa, escalofríos y fiebre. Puede ser grave si no se trata
Gusanos	Esquistosomiasis	Anemia y fatiga continua

**ANEXO 6****Fotografías relacionadas al uso de los recursos en la sub-cuenca alta del río Los Esclavo  
La madera como combustible en los hogares y materia prima en la industria****No.1**

Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada en aldea los Yumanes, Santa Rosa de Lima, 2009.

**No.2**

Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada en aldea los Yumanes, Santa Rosa de Lima, año 2009.

**No 3**

Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada en aldea los Yumanes, Santa Rosa de Lima, 2009.

**No.4**

Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada en aldea Jumaytepeque, Nueva Santa Rosa, año 2009.

No.5



Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada a un costado del cementerio de Nueva Santa Rosa, año 2009.

No.6



Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada a un costado del cementerio de Nueva Santa Rosa, en la quebrada el cementerio, afluente tributario del río Los Esclavos, año 2009.

No.7



Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada en el área del cementerio de Santa Rosa de Lima, con lixiviación al río La Plata. Año 2009.

No.8



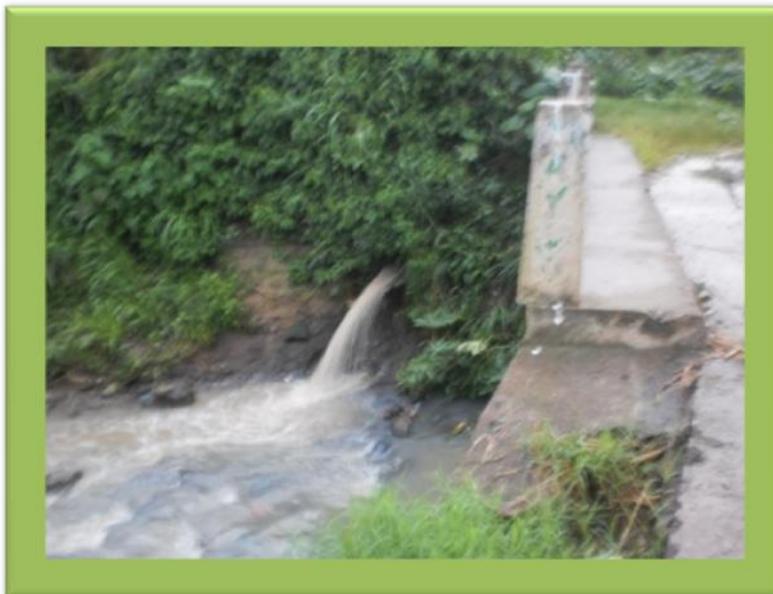
Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada en el botadero de basura municipal de Mataquesuintla, con lixiviación a la quebrada concepción, tributaria del río Colís . Año 2009.

No.9



Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada bajo el puente de Mataquescuintla, agua contaminada con drenajes, y basurero municipal. Año 2009.

No.10



Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada en la quebrada el Riachuelo, agua contaminada con drenajes de Nueva Santa Rosa. Año 2009.

No.11



Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada a un costado del puente entre Nueva Santa Rosa y Santa Rosa de Lima, desfogue de drenajes de Santa Rosa de Lima directamente al río Los Esclavos. Año 2009.

No.12



Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada en la microcuenca el Chocolate en el Municipio de Fraijanes, Guatemala, agua contaminada por drenajes de dos condominios, e industria. Año 2009.

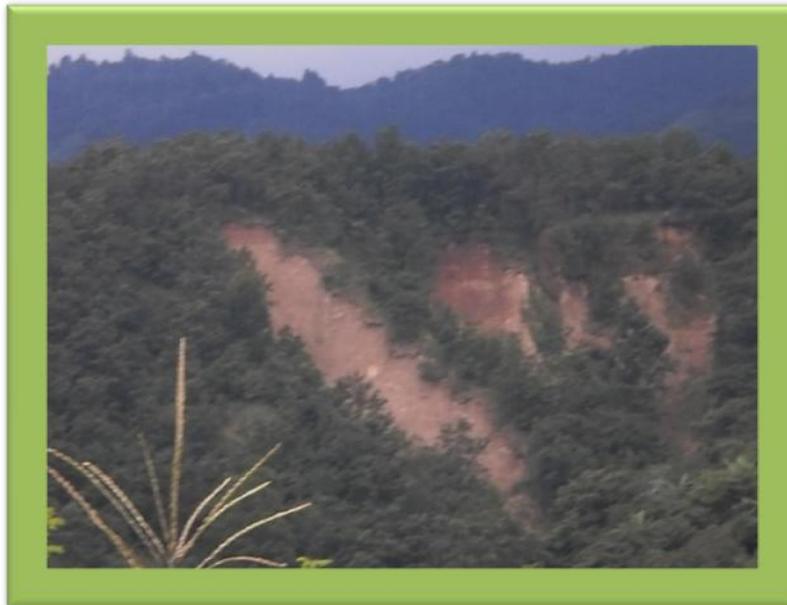
## Malas prácticas agrícolas

No.13



Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada en la cuenca del río La plata, Santa Rosa de Lima, se observa siembra de maíz, sin técnicas de cultivo en pendientes con más del 70% de inclinación. Año 2009.

No.14



Fuente: Investigación de campo, aldea Lo de Diéguez, Fraijanes Guatemala. Año 2009.

N0.15



Fuente: investigación de campo, fotografía tomada en parte aguas Mataquesuintla. Año 2009.

No.16



Fuente: fotografía tomada en San Rafael las Flores, donde se observan pendientes inclinadas con cultivos temporales, sin prácticas de preservación de suelos, estos son utilizados en época de invierno, quedando el 50% del tiempo sin cubierta vegetal, contribuyendo a la erosión del suelo.

No.17



**Fuente: Investigación de campo, fotografía del Volcán de Jumaytepeque, aldea con el mismo nombre, Jurisdicción de Nueva Santa Rosa. Año 2009.**

En la fotografía se observa que en las faldas del Volcán Jumaytepeque está cultivado con plantaciones de café, así como cultivos temporales, parcialmente parcelada, es importante mencionar que es un área protegida por la Comisión Nacional de áreas Protegidas CONAP con una extensión 864 hectáreas de selva subtropical húmeda y zona de veda definitiva, condiciones que a la fecha de la investigación se observa completamente cambiado el uso de esta zona, y además este lugar está asentada la comunidad Xinca de esta región.

Escasez de agua

**No.18**



Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada en la aldea Jumay Tepeque en Nueva Santa Rosa (Comunidad Xinca) con escasez de agua en época seca o verano. Año 2009.

**Beneficios de café maduro en la rivera del Río Los Esclavos**

**No.19**



Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada entre Nueva Santa Rosa Y Santa Rosa de Lima, se observa infraestructura de beneficios de café húmedo. Año 2009

### Utilización de los recursos de la cuenca

#### No.20



Fuente: Investigación de campo, fotografía tomada en el río La Plata a un costado del puente que divide a la Aldea Amberes con el casco urbano de Santa Rosa de Lima. Año 2009

#### No.21



Fuente: Investigación de campo, Fotografía del río de las Cañas, área del puente Cercano a la aldea Amberes. Año 2009.

**Medidas de mitigación realizadas por UEDICH MAGA  
No.22**



**Fuente: UEDICH MAGA (Viveros forestales). Año 2008.**

**No.23**



**Fuente: UEDICH MAGA (Barreras vivas). Año 2008.**

No.24



Fuente: UEDICH MAGA (Cosechas agua de lluvia).Año 2008.

No.25

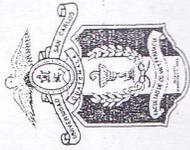


Fuente: UEDICH MAGA (Protección nacederos de agua). Año 2008.

**No.26**



**Fuente: UEDICH MAGA (Piscicultura). Año 2008.**



## Análisis Físicoquímico de Aguas Residuales

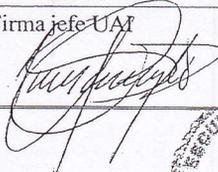
Muestra	Código UAI	pH	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	DQO mg/L	DBO <sub>5</sub> mg/L	Sólidos Sediment. mg/L	Sólidos Susp. mg/L	Sólidos Totales mg/L	Fósforo mg/L	Nitrógeno mg/L	Grasas y Aceites mg/L
Río San Antonio	O902014	7,78	413,00	40,00	9,72	< 0,1	0,006	306,00	< 0,1	1,00	0,015
Río La Plata	O902015	7,67	171,50	25,00	4,86	0,10	0,011	182,00	0,50	1,10	0,010
Río San Rafael	O902016	6,98	293,00	155,00	60,60	0,20	0,040	307,00	0,60	4,20	0,070
Río Tapalapa	O902017	7,77	190,10	25,00	3,84	< 0,1	0,003	187,00	< 0,1	0,30	0,020
Río Las Cañas	O902018	7,71	257,00	30,00	6,06	< 0,1	0,006	216,00	0,30	1,10	0,010
Los Esclavos	O902019	6,97	263,00	170,00	4,80	0,20	0,037	258,00	0,30	2,30	0,060
Río Collis	O902020	6,80	359,00	545,00	123,00	3,50	0,220	427,00	5,20	18,40	0,200

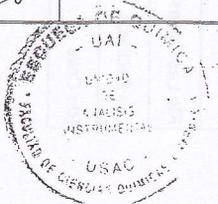
Recibido:			
		Nombre	Firma
			Fecha

*M. J. J. J.*  
 Firma: Jefe, UAI



FACULTAD DE CC. QQ.  
Y FARMACIA  
EDIFICIO T-12  
Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

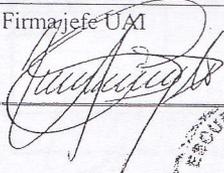
<b>ESCUELA DE QUIMICA</b> <b>UNIDAD DE ANALISIS INSTRUMENTAL</b> Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 24769844 y 24439500 ext. 1520		<b>INFORME DE ANÁLISIS DE</b> <b>LABORATORIO QUÍMICO</b>	
NOMBRE COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Muestra de agua de río.		No. de Código / Marca del Remitente Río Las Cañas.	
No. registro: <b>0811220</b>		Empresa/Institución: USAC-FAC. CC.EE./Proyecto NPT/GTM067. Remitente/Solicitante: <b>Licda. Lorena Escalante.</b>	
Fecha recepción 06/11/2008	Muestras recibidas por PJ	Tipo de recipiente Recipiente plástico	Peso neto ***
DETERMINACIONES SOLICITADAS: <b>Paquete de aguas residuales</b>			
<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS</b>			
<b>Parámetros evaluados</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	
pH		7.69	
Conductividad	μS/cm.	196.79	
Sólidos sedimentables	ml/L	< 0.1	
Sólidos en suspensión	mg/L	14.0	
Sólidos totales	mg/L	181.73	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	° mg/L	6.15	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	42.0	
Nitrógeno Total	mg/L	0.5	
Fósforo Total	mg/L	< 0.1	
Grasas y aceites	mg/L	0.02	
Costo por muestra: Q 575.00 x 1			
Fecha: <b>25/11/2008</b>	Analista(s) PJ/SE	Ref. Registro Análisis: Cuad.UAI/PJ/SE	Costo total facturado: <b>Q 575.00</b>
Firma jefe UAI 	Recibido nombre:	Firma	Fecha:

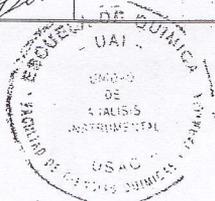




FACULTAD DE CC. QQ.  
Y FARMACIA  
EDIFICIO T-12

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

ESCUELA DE QUIMICA <b>UNIDAD DE ANALISIS INSTRUMENTAL</b> Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 24769844 y 24439500 ext. 1520		<b>INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO</b>	
NOMBRE COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Muestra de agua de río.		No. de Código / Marca del Remitente Río La Plata.	
No. registro: <b>0811219</b>		Empresa/Institución: USAC-FAC. CC.EE./Proyecto NPT/GTM/067. Remitente/Solicitante: <b>Licda. Lorena Escalante.</b>	
Fecha recepción 06/11/2008	Muestras recibidas por PJ	Tipo de recipiente Recipiente plástico	Peso neto ***
<b>DETERMINACIONES SOLICITADAS:</b> <b>Paquete de aguas residuales</b>			
<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS</b>			
<b>Parámetros evaluados</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	
pH		7.40	
Conductividad	μS/cm.	145.7	
Sólidos sedimentables	ml/L	0.1	
Sólidos en suspensión	mg/L	62.0	
Sólidos totales	mg/L	244.0	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	3.78	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	60.0	
Nitrógeno Total	mg/L	0.20	
Fósforo Total	mg/L	0.10	
Grasas y aceites	mg/L	0.04	
Costo por muestra:		Q 575.00 x'l	
Fecha: 25/11/2008	Analista(s) PJ/SE	Ref. Registro Análisis: Cuad.UAI/PJ/SE	Costo total facturado: <b>Q 575.00</b>
Firma jefe UAI 	Recibido nombre:	Firma	Fecha:





FACULTAD DE CC. QQ.  
Y FARMACIA  
EDIFICIO T-12

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

ESCUELA DE QUIMICA <b>UNIDAD DE ANALISIS INSTRUMENTAL</b> Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 24769844 y 24439500 ext. 1520		<b>INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO</b>	
NOMBRE COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Muestra de agua de río.		No. de Código / Marca del Remitente Río Mataquescuintla.	
No. registro: <b>0811218</b>		Empresa/Institución: USAC-FAC. CC.EE./Proyecto NPT/GTM/067. Remitente/Solicitante: <b>Licda. Lorena Escalante.</b>	
Fecha recepción 06/11/2008	Muestras recibidas por PJ	Tipo de recipiente Recipiente plástico	Peso neto ***
DETERMINACIONES SOLICITADAS: <b>Paquete de aguas residuales</b>			
<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS</b>			
<b>Parámetros evaluados</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	
pH		6.91	
Conductividad	μS/cm.	42.05	
Sólidos sedimentables	ml/L	< 0.1	
Sólidos en suspensión	mg/L	24.0	
Sólidos totales	mg/L	99.0	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	1.86	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	45.0	
Nitrógeno Total	mg/L	0.2	
Fósforo Total	mg/L	0.1	
Grasas y aceites	mg/L	0.07	
Costo por muestra: Q 575.00 x 1		Costo total facturado: <b>Q 575.00</b>	
Fecha: <b>25/11/2008</b>	Analista(s) PJ/SE	Ref. Registro Análisis: Cuad.UAI/PJ/SE	Costo total facturado: <b>Q 575.00</b>
Firma jefe UAI 	Recibido nombre:	Firma	Fecha:





FACULTAD DE CC. QQ.  
Y FARMACIA  
EDIFICIO T-12  
Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

ESCUELA DE QUIMICA UNIDAD DE ANALISIS INSTRUMENTAL Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 24769844 y 24439500 ext. 1520		INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO	
NOMBRE COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Muestra de agua de río.		No. de Código / Marca del Remitente Río San Rafael Las Flores.	
No. registro: <b>0811221</b>		Empresa/Institución: <b>USAC-FAC. CC.EE./Proyecto NPT/GTM/067.</b> Remitente/Solicitante: <b>Licda. Lorena Escalante.</b>	
Fecha recepción 06/11/2008	Muestras recibidas por PJ	Tipo de recipiente Recipiente plástico	Peso neto ***
DETERMINACIONES SOLICITADAS: Paquete de aguas residuales			
RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Parámetros evaluados	Unidades	Valor	
pH		7.08	
Conductividad	μS/cm.	188.64	
Sólidos sedimentables	ml/L	0.5	
Sólidos en suspensión	mg/L	70.0	
Sólidos totales	mg/L	222.0	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	13.13	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	90.0	
Nitrógeno Total	mg/L	1.80	
Fósforo Total	mg/L	0.20	
Grasas y aceites	mg/L	0.02	
Costo por muestra: Q 575.00 x 1			
Fecha: 25/11/2008	Analista(s) PJ/SE	Ref. Registro Análisis: Cuad.UAI/PJ/SE	Costo total facturado: Q 575.00
Firma jefe UAI 	Recibido nombre:	Firma	Fecha:



## ANEXO 7

### PROCEDIMIENTO PARA EL ESTUDIO DE LA SUBCUENCA ALTA DEL RÍO LOS ESCLAVOS

Con el propósito de contribuir con los diferentes sectores para mejorar el medio ambiente, en el área donde se desenvuelve la población de la subcuenca alta del río los Esclavos, se elaboró un procedimiento que permita la interpretación de la información.

Esta información está diseñada para que pueda ser utilizada por los integrantes de corporaciones municipales, entidades gubernamentales, no gubernamentales y población en general y se puedan implementar medidas de mitigación que ayuden al desarrollo físico de las personas y evitar enfermedades que son prevenibles en donde no es necesario que el Estado realice gastos elevados por contaminación que las mismas unidades productivas provocan con el mal manejo de desechos agro industriales y restos de los hogares. Estos problemas con una adecuada y constante educación ambiental se pueden implementar medidas fáciles y económicas para mejorar el ambiente de la subcuenca alta del río Los Esclavos y por ende la salud de las personas que habitan el área y lugares cercanos.

Se espera que este procedimiento sea una herramienta práctica y fácil de implementar para cualquier ente que este interesado en un bienestar común. Pues más que un interés debería ser una obligación para todos.

**Grafica 4**  
**Flujograma del manejo sostenible y sustentable de la subcuenca**  
**Alta del Río Los Esclavos**  
**Año 2009**

Se procedió a dar inicio a la investigación

Inicio

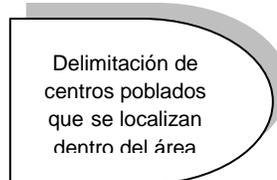
Se procedió al reconocimiento del área de influencia y se determinó el tema para la presente tesis, luego se obtuvieron mapas cartográficos para identificar con claridad el área a estudiar con colaboración de los ministerios Agricultura, Ganadería Alimentación, Instituto Geográfico Nacional.

Identificación de la cobertura de la subcuenca

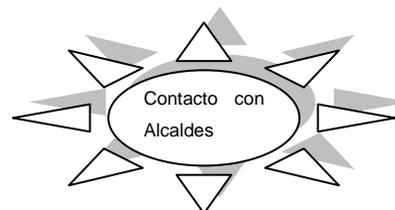
Con la utilización de hojas cartográficas se identificó, fisiografía, elevaciones, parte aguas, y los ríos que forman la subcuenca en estudio.

Identificación de micro cuencas.

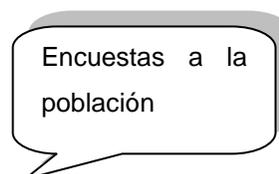
Se utilizaron mapas de cada municipio en donde se marcó con diferentes colores los ríos que escurren dentro la subcuenca y los que escurren fuera, para determinar que centros poblados (Cascos urbanos de Ciudades, Villas, Pueblos, Aldeas, Caseríos, Parajes) se localizan dentro de la subcuenca. Seguidamente con el XI censo de población del INE se determinó con precisión la población en el área de influencia.



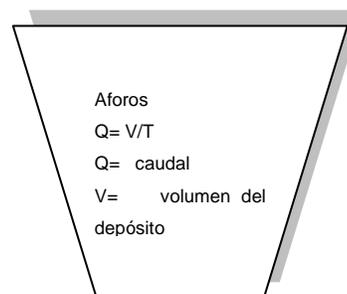
Se realizó entrevista dirigida a alcaldes municipales, y se obtuvo información acerca de servicios básicos con que cuenta la población, forma de deshacerse de la basura dentro del municipio que dirigen, cobertura de agua entubada, y como se deshacen de las aguas servidas de los hogares, de lo cual en algunas municipalidades fue imposible el acceso y se obtuvo información con otras personas que laboran en esta entidad.



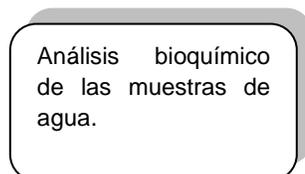
Se encuestó a 382 hogares dentro del área en donde se obtuvo información de sexo, edad, escolaridad, nivel de ingresos, integrantes por hogar, enfermedades que más padece, tratamiento de basura del hogar, forma de deshacerse de las aguas servidas, remesas familiares, cultivos que produce, que tipo de insumos utilizan, y como contribuiría a mejorar el ambiente.



Se procedió a medir desfogues de cada Municipio en estudio en donde existen drenajes y que escurren a la cuenca en estudio. Luego se llenó un recipiente para luego medir el tiempo en segundos que tardó en llenarse para poder determinar los aforos volumétricos. Existió la limitante que por la forma de desfogue no era posible en algunos Municipios y se utilizó la capacidad de personas que poseen experiencia dentro de las mismas municipalidades en donde se estimó el volumen.



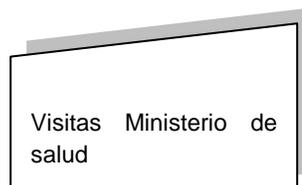
Se tomaron muestras de agua en siete puntos estratégicos en dos épocas (verano e invierno) para determinar si el agua es apta para consumo humano, recreación, o riego u otro uso. Análisis realizado en la facultad de Química y Farmacia de la USAC.



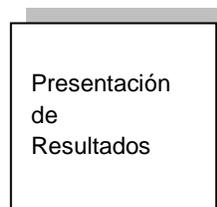
Se realizó una visita a ANACAFÉ donde se obtuvo información acerca de volumen de quintales de café oro, y con métodos matemáticos se convirtió a valores en café cereza, se procedió a calcular los metros cúbicos de agua que se consume en el área para este proceso, ya que es una zona cafetalera y existe el despulpe de café cereza.



Se obtuvo información de morbilidad prioritaria de cada uno de los centros poblados estudiados, se procedió a determinar que enfermedades son causadas por el mal manejo del ambiente.



Presentación de resultados de la investigación en donde se muestra que el agua de la subcuenca alta del río Los Esclavos se encuentra contaminada a fuertemente contaminada



Se procedió a elaborar propuestas de medidas de mitigación para frenar el deterioro ambiental en el área de influencia



Con la información recabada, se procedió a la redacción del documento final.

