

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ÁREA INTEGRADA**



**JORGE MARIO VELÁSQUEZ GODÍNEZ**

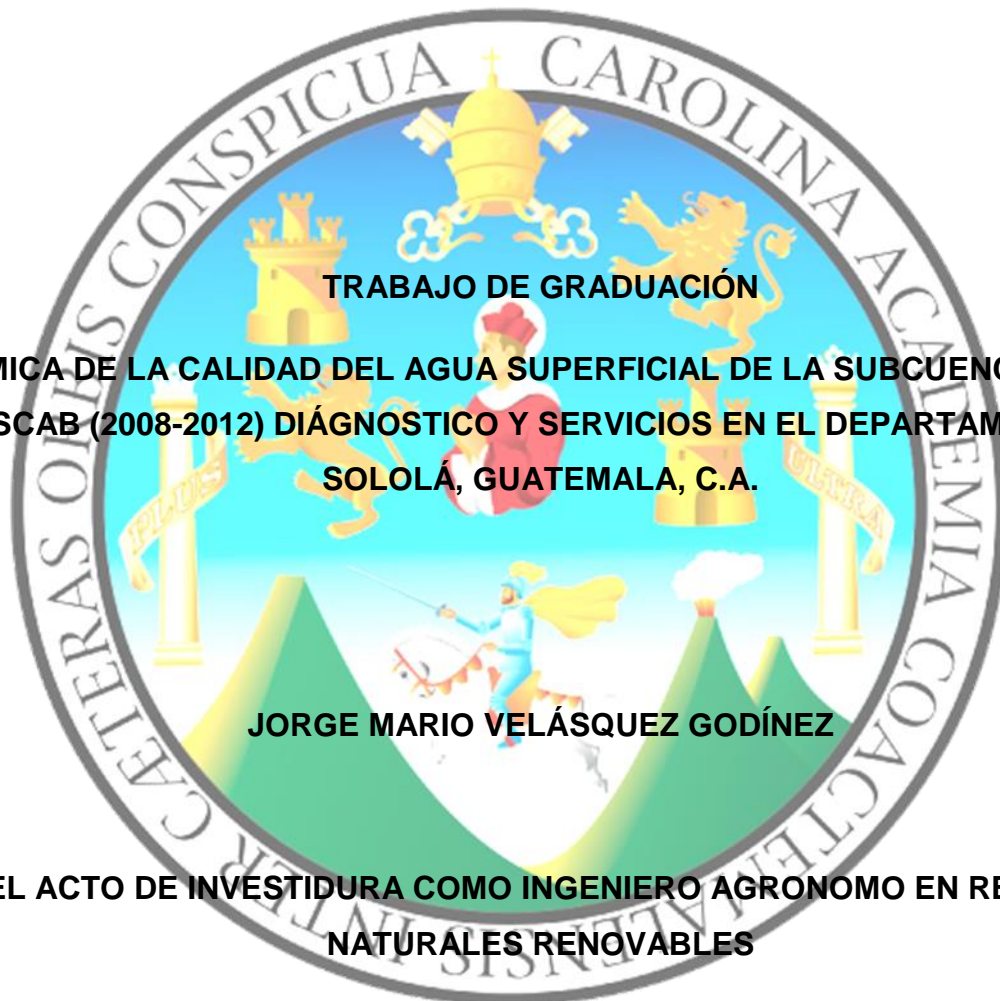
**GUATEMALA, AGOSTO 2013**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ÁREA INTEGRADA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**DINÁMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO  
QUISCAB (2008-2012) DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL DEPARTAMENTO DE  
SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

**JORGE MARIO VELÁSQUEZ GODÍNEZ**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO INGENIERO AGRONOMO EN RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES**

**EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO**

**GUATEMALA, AGOSTO 2013**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FAULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL I	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL II	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL III	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL IV	P. Forestal Sindy Benita Simón Mendoza
VOCAL V	Br. Camilo José Wolford Ramírez
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

Guatemala, agosto 2013

Guatemala, agosto de 2013

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado:

**“DINÁMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO QUISCAB (2008-2012) DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.”**

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

Jorge Mario Velásquez Godínez

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**DIOS Y A LA VIRGENCITA.**

- MIS PADRES:** Joelina Emperatriz Godínez Fuentes de Velásquez  
Baudilio Alfonso Velásquez Orozco (Q.E.P.D), que Dios lo tenga en un rincón de paz.  
Agradeciendo su gran esfuerzo, voluntad y trabajo para apoyarme a salir siempre adelante, por estar siempre en las buenas y en las malas.  
Los quiero con todo mi corazón.
- MIS HERMANOS:** Juan Enrique, Luis Alfonso y José Roberto Velásquez Godínez, por el apoyo que siempre me brindaron.
- A MI FAMILIA:** Por su apoyo
- A MIS AMIGOS:** Francisco Domingo, Ricardo Rodríguez, Byron Velásquez, Oscar de la Parra, Juan José Rodríguez, Rogelio Kilcan, y por espacio no menciono a la mayoría, gracias por la amistad.
- MI ASESOR:** Dr. Tomas Padilla Cambara, muchas gracias por el apoyo y amistad.
- MI SUPERVISORA:** Inga. Agra. Msc. Lily Gutiérrez, muchas gracias por su apoyo y consejos en la realización del EPSA.

TESIS QUE DEDICO

A:

DIOS

GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

VALLE DE LA ESMERALDA



## **AGRADECIMIENTOS**

**Deseo agradecer a todas las personas que colaboraron de alguna manera, en el desarrollo de esta investigación.**

**MIS PADRES**

**MI ASESOR**

**MI SUPERVISORA**

**AUTORIDAD PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN Y SU ENTORNO –AMSCLAE-**

**A LOS POBLADORES DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN**



## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
1 CAPITULO I.....	1
1.1 Presentación .....	2
1.2 Marco Referencial .....	3
1.2.1 Ubicación.....	3
1.2.2 Ubicación política administrativa.....	3
1.2.3 Población total .....	4
1.2.4 Densidad poblacional .....	4
1.2.5 Características socioeconómicas .....	5
1.2.6 Características biofísicas .....	5
1.2.7 Condiciones climáticas .....	6
1.2.8 Recurso hídrico.....	6
1.2.9 Serie de suelos .....	6
1.3 Objetivos .....	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 Metodología .....	8
1.4.1 Cálculo de la muestra .....	9
1.5 Resultados .....	10

CONTENIDO	PÁGINA
1.6 Conclusiones y recomendaciones .....	12
1.7 Bibliografía.....	14
2 CAPITULO II .....	15
2.1 Presentación.....	16
2.2 Marco conceptual.....	17
2.2.1 Marco referencial.....	17
2.2.2 Ubicación político-administrativa .....	19
2.2.3 Aspectos socioeconómicos .....	19
2.2.4 Población económicamente activa .....	20
2.2.5 Educación.....	21
2.2.6 Idiomas.....	21
2.2.7 Producción agrícola en la subcuenca del Río Quiscab .....	21
2.2.8 Vías de acceso.....	22
2.2.9 Tenencia de la tierra en la subcuenca del Río Quiscab .....	22
2.2.10 Uso de la tierra .....	23
2.2.11 Tecnología de producción .....	24
2.2.12 Uso de fertilizantes y plaguicidas .....	24
2.2.13 Salud y sanidad pública .....	24
2.2.14 Aspectos biofísicos.....	26
2.2.15 Zonas de vida.....	29

CONTENIDO	PÁGINA
2.2.16 Recurso hídrico.....	31
2.2.17 Fuentes de contaminación.....	33
2.2.18 Taxonomía de suelos .....	35
2.2.19 Capacidad de uso de la tierra .....	36
2.2.20 Uso actual.....	37
2.2.21 Problemas ambientales .....	38
2.3 Objetivos .....	40
2.3.1 General.....	40
2.3.2 Específicos .....	40
2.4 Metodología .....	41
2.5 Resultados y discusión.....	45
2.5.1 Caracterización química en dos fechas de muestreo .....	45
2.5.2 Caracterización físico-química y bacteriológica .....	48
2.5.3 Caracterización física dos fechas de muestreo .....	52
2.5.4 Caracterización microbiológica .....	54
2.5.5 Evaluación de los indicadores que caracterizan la calidad del agua con fines de riego agrícola .....	55
2.6 Conclusiones y recomendaciones.....	56
2.7 Bibliografía .....	58
3 CAPITULO III.....	61

CONTENIDO	PÁGINA
3.1 Presentación .....	62
3.2 CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE DESECHOS LIQUIDOS UBICADAS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO QUISCAB, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ. ....	64
3.2.1 Objetivos .....	64
3.2.2 Metodología.....	64
3.2.3 Resultados .....	65
3.2.4 Conclusiones y recomendaciones.....	69
3.3 MONITOREO MENSUAL Y ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA, EN EL LABORATORIO DE AGUAS DE LA –AMSCLAE- EN SIETE PUNTOS DE MUESTREO ESTABLECIDOS EN EL LAGO DE ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A. ....	70
3.3.1 Objetivos .....	70
3.3.2 General .....	70
3.3.3 Específicos .....	70
3.3.4 Metodología.....	70
3.3.5 Resultados .....	73
3.3.6 Conclusiones.....	79
3.3.7 Anexos .....	80

## ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 1. Coordenadas UTM del cuadrante dentro del cual se localiza la subcuenca del Río San Francisco .....	3
Cuadro 2. Distribución política administrativa de la subcuenca del Río San Francisco. ....	3
Cuadro 3. Zonas de vida de la subcuenca del Río San Francisco .....	5
Cuadro 4. Serie de suelos en la subcuenca del Río San Francisco.....	6
Cuadro 5. Cálculo del tamaño de la muestra .....	10
Cuadro 6. Coordenadas UTM del cuadrante dentro del cual se localiza la subcuenca del Río Quiscab .....	17
Cuadro 7. Municipios comprendidos dentro de la subcuenca del Río Quiscab, población proyectada al año 2012. ....	19
Cuadro 8. Población económicamente activa total y por género.....	20
Cuadro 9. Pertenencia étnica de la subcuenca del Río Quiscab.....	21
Cuadro 10. Aspectos de tenencia de tierra en los departamentos que comprende la subcuenca del Río Quiscab.....	23
Cuadro 11. Indicadores de salud.....	24
Cuadro 12. Cinco causas principales de morbilidad general por género .....	25
Cuadro 13. Cinco principales causas de mortalidad general por género .....	26
Cuadro 14. Aspectos biofísicos mensuales (mm) de las estaciones monitoreadas durante la etapa 2009-2011 en la subcuenca del Río Quiscab. ....	27

CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 15. Temperatura media mensual (°C) de las estaciones monitoreadas durante la etapa 2009-2011 en la subcuenca del río Quiscab. ....	27
Cuadro 16. Evapotranspiración media mensual (mm) anual de las estaciones monitoreadas durante la etapa 2009-2011 en la subcuenca del río Quiscab. ....	27
Cuadro 17. Zonas de Vida de la subcuenca del Río Quiscab.....	29
Cuadro 18. Clases de corrientes de la subcuenca del Río Quiscab .....	31
Cuadro 19. Taxonomía de suelos presentes en la subcuenca del Río Quiscab .....	35
Cuadro 20. Capacidad de uso de la tierra de la subcuenca del Río Quiscab .....	36
Cuadro 21. Principales usos de la tierra dentro de la subcuenca del Río Quiscab.....	37
Cuadro 22. Métodos de laboratorio utilizados para la evaluación de los indicadores físico-químicos y microbiológicos.....	42
Cuadro 23. Coordenadas de los siete puntos de muestreo en la subcuenca del Río Quiscab.....	43
Cuadro 24. Caracterización química en dos fechas de muestreo febrero 2008 enero 2012 de la subcuenca del Río Quiscab.....	45
Cuadro 25. Caracterización físico-química y bacteriológica de la subcuenca del Río Quiscab.....	48
Cuadro 26. Caracterización física en dos fechas de muestreo de la subcuenca del Río Quiscab .....	52
Cuadro 27. Caracterización microbiológica en dos fechas de muestreo de la subcuenca del Río Quiscab .....	54
Cuadro 28. Evaluación de los indicadores que caracterizan la calidad del agua con fines de riego agrícola, en dos épocas de muestreo.....	55



CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 29. Recuento coliformes del 23 de agosto de 2,011.....	74
Cuadro 30. Recuento de Coliformes: Monitoreo lago de Atitlán, 31 de agosto de 2,011. .	74
Cuadro 31. Recuento de Coliformes: Monitoreo lago de Atitlán, 26 de octubre de 2,011. ....	74
Cuadro 32. Resumen de resultado análisis físico-químico, en siete puntos de muestreo fecha de monitoreo: 23 de febrero de 2011- 25 de octubre de 2001 .....	76
Cuadro 33. Resumen resultados de análisis químico superficial de los siete puntos de muestreo, laboratorio de aguas AMSCLAE. 23 de febrero de 2011-25 de octubre de 2001.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINA
Figura 1. Mapa de ubicación geográfica, subcuenca Río Quiscab, departamento de Sololá-Totonicapán.....	18
Figura 2. Climadiagrama estación El Tablón .....	28
Figura 3. Mapa de zonas de vida, subcuenca Río Quiscab, departamentos de Sololá-Totonicapán.....	30
Figura 4. Mapa de red hídrica, subcuenca Río Quiscab, departamento de Sololá-Totonicapán.....	32
Figura 5. Placas Petrifilm de 3M .....	75
Figura 6. Distribución de los puntos de muestreo limnológico sobre el lago de Atitlán (Fuente: Romero, 2009) .....	80
Figura 7. Fotos tomadas, en el laboratorio de la Autoridad para el Manejo sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno, y toma de muestras en los diferentes puntos de muestreo .....	81
Figura 8. Plantas de tratamiento de desechos líquidos .....	82

## **TRABAJO DE GRADUACIÓN**

### **DINAMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO QUISCAB (2008-2012) DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

#### **RESUMEN**

La cuenca del lago de Atitlán se encuentra ubicada en los departamentos de Sololá y Totonicapán, a 1655 metros sobre el nivel del mar, tiene un área de 541 kilómetros cuadrados, un área de espejo de agua de 130 kilómetros cuadrados, una profundidad máxima de 324 metros, profundidad promedio 187.69 metros y un volumen de agua almacenada de 24.4 kilómetros cúbicos. (Romero 2009)

Es el lago más grande de Guatemala en volumen, es un lago oligotrófico con la mejor calidad de agua de todos los lagos de Centroamérica. Más de doscientos mil personas viven dentro de la cuenca del lago, recibe anualmente 450,196 metros cúbicos de aguas residuales, 5,182 metros cúbicos de aguas mieles, con todo esto es un lago altamente amenazado y en constante contaminación.

Forma parte del área protegida "Reserva de usos múltiples de la Cuenca del lago de Atitlán -RUMCLA-. La entidad rectora es la Autoridad para el Manejo sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno, -AMSCLAE- que es la que norma, planifica, coordina y ejecuta las medidas y acciones del sector público y privado que son necesarios para conservar, preservar resguardar la cuenca del lago de Atitlán.

La mayoría de agua recibida proviene de precipitación pluvial y de los dos ríos principales, que son los únicos permanentes, San Francisco y Quiscab, ambos situados al norte del lago, la mayor parte de contaminación es transportada por estos dos ríos, llevando con ellos desechos sólidos (envases de plaguicidas, neumáticos, animales muertos, empaques de comida chatarra entre otros), aguas residuales sin tratamiento de las áreas urbanas, arrastre de residuos de fertilizantes químicos por erosión del suelo, entre ellos fosfatos, nitratos y DQO por descarga de aguas mieles.

En los últimos años el lago de Atitlán ha sido amenazado por altos florecimientos de cianobacteria (*Lyngbya hieronymusii*), por eso la necesidad de hacer la investigación sobre calidad del agua superficial del lago de Atitlán, con acciones como monitoreo mensual en los puntos de muestreo establecidos y el análisis fisicoquímico y bacteriológico de las muestras, analizados en el laboratorio de aguas de la -AMSCLAE- durante la estancia del EPSA.

Las aguas del Río Quiscab lo utilizan las personas para desechar aguas residuales la mayor parte sin tratamiento alguno lo que va afectando la calidad de agua en la parte media y baja de la cuenca.

Existen plantas de tratamiento de desechos líquidos en la cuenca del Río Quiscab, El Novillero, María Tecún, San Bartolo, San Antonio, San Jorge la Laguna, pero estas no se dan abasto por el alto índice demográfico que existe, las plantas de tratamiento están diseñadas para un caudal determinado pero con el correr del tiempo estas han colapsado y por lo mismo el tratamiento que se les da ya no es el adecuado.

Los habitantes de la cuenca del Río Quiscab utilizan el agua para riego, uso doméstico, recreación e industria, las amas de casa del área rural la utilizan para el lavado de ropa a las orillas, los agricultores para la limpieza de sus cosechas, y en el área urbana para aguas servidas.

En el área de la aldea los encuentros, la Cuchilla, este lugar es utilizado para el manejo post cosecha (lavado de hortalizas) en esa parte empieza la contaminación por residuos de fertilizantes químicos, plaguicidas e insecticidas entre otros, contaminando la calidad del agua, deteriorando la salud de las personas que viven en las partes bajas de la cuenca, ocasionando enfermedades gastrointestinales afectando en su mayoría a niños.

**1 CAPITULO I**  
**DIAGNOSTICO SOBRE EL CAUCE DEL RÍO SAN FRANCISCO, A NIVEL DE**  
**SUBCUENCA EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, C.A.**

## 1.1 Presentación

El presente diagnóstico está orientado al estudio de la contaminación del Lago de Atitlán en los últimos años por el ingreso de fosfatos provenientes de la Subcuenca del Río San Francisco, uno de los mayores afluentes del Lago de Atitlán. El tema del fósforo se define como una de las problemáticas fuertes que ejercen gran presión sobre dicho recurso hídrico y su cuenca debido al uso de detergentes fosfatados y uso excesivo y descontrolado de fertilizantes ricos en fosfatos en la agricultura sin asesoría alguna y los residuos de los mismos llegan al lago por escorrentía superficial y aguas residuales.

La característica principal de esta problemática es el impacto que ocasiona en los cuerpos de agua, ya que desde el punto de vista limnológico para el Lago de Atitlán el fósforo se considera el elemento limitante para el crecimiento de las algas y el elemento que define la velocidad y el grado del proceso de eutricación de los lagos (Romero 2009).

Existen cuatro fuentes principales que aportan fósforo al lago de Atitlán (en forma de ortofosfato  $\text{PO}_4^{3-}$ ): El Río Quiscap, el Río San Francisco, las aguas residuales domésticas que ingresan directamente al lago y las personas que lavan en las orillas del lago; estas cuatro fuentes aportan al lago una concentración total de Fósforo de  $0.396 \text{ g/m}^2\cdot\text{año}$ . (Romero 2009).

El Lago de Atitlán se constituye una reserva natural, de gran importancia como fuente de agua, alimento, medio de comunicación para la población local, nacional y extranjera, así por su atractivo paisajístico, diversidad cultural e importancia para el turismo. El Lago de Atitlán es un recurso de gran importancia a nivel local y nacional, los más de  $24 \text{ Km}^3$  de agua dulce que almacena se han visto afectados en los últimos años con la amenaza de un proceso de eutricación acelerado, lo cual es evidenciado con los últimos florecimientos de algas y cianobacterias como producto de la entrada excesiva de nutrientes mayores como el fósforo en forma de ortofosfato, que limnológicamente se considera elemento limitante para el crecimiento de los microorganismos.

## 1.2 Marco Referencial

### 1.2.1 Ubicación

La Subcuenca del Río San Francisco, cuenta con un área de 74.37 Km<sup>2</sup>, junto al Río San Buenaventura y el Río Quiscab forman la cuenca del Lago de Atitlán, que es una cuenca endorreica por lo que no tiene una vertiente específica (Álvarez 2,005).

Cuadro 1. Coordenadas UTM del cuadrante dentro del cual se localiza la subcuenca del Río San Francisco

Ubicación	Latitud	Longitud
Parte Norte	1641923 N	0700339 E
Punto Sur	1629557 N	0698569 E
Punto Oeste	1635681 N	0697562 E
Punto Este	1635681 N	0703495 E

Fuente hojas topográficas de Sololá 1960I y Chichicastenango 1960II

### 1.2.2 Ubicación política administrativa

La subcuenca del Río San Francisco se encuentra entre las regiones VI y VII. El área comprende cinco municipios, 21 poblados del departamento de Sololá y un municipio, seis poblados del departamento de Quiche. (INE, 2002)

Cuadro 2. Distribución política administrativa de la subcuenca del Río San Francisco.

Departamento	Municipio	Poblado	Categoría	Área de municipio (Km <sup>2</sup> )	%
Sololá	Sololá	Xajaxac	Aldea	27.88	38.17
		Tierra Linda	Caserío		
		El Progreso	Caserío		
		Churunel (central)	Caserío		
		El Mirador	Caserío		
		El Adelanto	Caserío		
		La Fe	Aldea		
		El Triunfo	Caserío		
		El Tablon	Caserío		
		Pujujilito	Caserío		
	Panajachel	Panajachel	Pueblo	7.07	9.67
		Jucunya	Caserío		
		Patanatic	Aldea		
	Concepción	Concepción	Pueblo	14.96	20.47
	San Andrés Semetabaj	Pueblo			

	San Andrés Semetabaj	Chuchiya	Caserío	10.70	14.64
		Tocache	Caserío		
		Panimatzalam	Caserío		
		Xejuyu I	Caserío		
		Chuti Estancia	Caserío		
Santa Catarina Palopó	Santa Catarina Palopó	Pueblo	1.10	1.51	
Quiche	Chichicastenango	Patzutzun	Aldea	11.36	15.54
		Panuca	Caserío		
		Los Churuneles II	Caserío		
		Los Churuneles I	Caserío		
		Pnimache I	Caserío		
		Las Trampas	Caserío		

Fuente SIG, con base en el XI censo de población y VI de habitación, INE 2002.

Los municipios con mayor cantidad de aldeas y caseríos en el área de estudio son Sololá y Concepción con el 39.4% y el 20.7% del total respectivamente, y Chichicastenango con el 16.00% del total de los poblados del área de estudio.

### 1.2.3 Población total

El área de estudio posee una población de 58,835 habitantes en la actualidad, según el último censo del año 2002, XI de Población y VI de Habitación con proyección al año 2012, los poblados que cuentan con mayor población son: La Fe, Xajaxac, Panajachel, con más de 5,000 habitantes. Seguidos están: Jucanyá, Concepción, San Andrés Semetabaj, y El Adelanto, con más de 1,000 habitantes y el resto de los poblados con menos de 1,000 habitantes.

### 1.2.4 Densidad poblacional

En el área de estudio, además de que los poblados se encuentran dispersos, presentan densidades altas de población, los municipios dentro de la cuenca que tienen mayor densidad de población son Chichicastenango y Panajachel con una densidad mayor a 1,000 hab/km<sup>2</sup>, seguidos de Sololá y San Andrés Semetabaj con rangos mayores de 300 hab/Km<sup>2</sup>, los demás municipios presentan densidades menores.



## 1.2.5 Características socioeconómicas

### 1.2.5.1 Producción agrícola

En el área de la subcuenca los cultivos de mayor importancia son: maíz, frijol, hortalizas (brócoli, arveja, papa, zanahoria, repollo, remolacha, coliflor y cebolla) y frutales (naranja, jocote de corona, durazno, manzana, ciruelas, banano y pitaya). Todos estos productos son comercializados en su mayoría a los mercados locales de la región, a excepción de algunas hortalizas de primera calidad que son trasladados a otros sectores nacionales (Álvarez 2005)

Los tipos de fertilizante que frecuentemente utilizan los agricultores son los químicos como el 15-15-15 y el 20-20-0 argumentando la fácil y rápida aplicación, mayor producción agrícola, y el fácil acceso a la adquisición de dichos fertilizantes, lo cual es más factible el fertilizante químico que el orgánico. Donde más consumo de fertilizante químico requieren es en los alrededores del cauce del Río, ya que cuentan con riego y cultivan todo el año, los cultivos en su mayoría en esta parte son hortalizas. (INE, 2002)

## 1.2.6 Características biofísicas

### 1.2.6.1 Zonas de vida

En la Subcuenca del Río San Francisco se lograron ubicar dos zonas de vida según el sistema de Clasificación de Holdridge y modificado por De la Cruz, se ubicó en la parte alta de la cuenca la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Montano Bajo y en la parte media y baja la zona de vida de Bosque Húmedo Montano bajo, correspondiendo a las siguientes áreas:

Cuadro 3. Zonas de vida de la subcuenca del Río San Francisco

<b>Símbolo</b>	<b>Zonas de Vida</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>(%) Porcentaje</b>
bh-MB	Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical	38.1	53.44
bmh-MB	Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical	32.4	47.56
	<b>Total</b>	70.5	100

Fuente: Elaboración propia con la base cartográfica del MAGA

## 1.2.7 Condiciones climáticas

### Temperatura

La temperatura mínima es de 9°C, temperatura media de 14°C y una temperatura máxima de 21°C en la parte media de la cuenca, sobre el nivel del lago la temperatura oscila entre 17°C y 19°C con una temperatura promedio de 21°C (Álvarez 2,005)

### Precipitación

Con los datos obtenidos de la estación meteorológica El Tablón, la época húmeda se presenta de los meses de mayo a noviembre con una precipitación media de 1845 mm anuales (INSIVUMEH 2012)

### Húmeda relativa

El promedio anual de 1,994 a 2,005 fue de 78% según. En el año 2,005 La humedad relativa aumentó considerablemente de un 70 a 79% debido a las lluvias ocurridas en esa época (INSIVUMEH 2012)

## 1.2.8 Recurso hídrico

La subcuenca del Río San Francisco es de orden cuatro, tiene un perímetro de 44.8 Km, un área de 74.37 Km<sup>2</sup>, con una pendiente media de 42%, esto indica que dentro del área de la subcuenca predominan las altas pendientes, el terreno es pronunciado encontrándose dentro de la subcuenca áreas totalmente escarpadas con pendientes mayores de 90%. La elevación inferior de la subcuenca está en el punto de aforo, que es de 1,564 msnm (nivel de espejo de lago), la elevación media de la subcuenca es 2,350 msnm y la elevación máxima dentro de la cuenca está a los 2,670 msnm. La mayor cantidad de área escarpada se encuentra en la parte alta de la subcuenca.

## 1.2.9 Serie de suelos

En la subcuenca del Río San Francisco se ubican tres series de suelos como se muestra en el siguiente cuadro (Simmons, 1959)

Cuadro 4. Serie de suelos en la subcuenca del Río San Francisco

Serie	Símbolo	Km <sup>2</sup>	Porcentaje (%)
Camancha	Cm	7.83	10.52
Totonicapán	Tp	1.35	1.82
Patzité	Pz	65.19	87.66
Totales		74.37	100.00

Fuente: capas digitales MAGA- Catie

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Analizar el estado de contaminación en que se encuentra la subcuenca del Río San Francisco

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar los problemas existentes que atraviesa el cauce del Río San Francisco.
- Conocer la percepción de las personas sobre los problemas de contaminación que afecta la subcuenca del Río San Francisco

## 1.4 Metodología

Como ya se tiene bastante información documentada de la contaminación que afecta a la cuenca no era necesario hacer otro estudio si no conocer la percepción de las personas sobre la contaminación y así plantear planes para la reducción de contaminantes por eso se realizaron entrevistas en la parte alta, media y baja de la subcuenca del Río San Francisco, y así poder ayudar a las autoridades correspondientes para que pongan cartas en el asunto, para una pronta solución a los problemas que afectan no solo a los habitantes del área sino a las personas en general que visitan el Lago de Atitlán, ya que los primeros viven gracias al turismo de la región y con un Lago contaminado los turistas dejarían de visitar estos lugares y por ende los ingresos económicos bajarían dramáticamente afectando a la población, y al medio ambiente, ya que aumentaría la destrucción de los ecosistemas existentes que ya se ven en riesgo.

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo, se exponen a continuación:

### Métodos

- Observación directa. Esta técnica se utilizó directamente en los centros poblados de toda la subcuenca del Río San Francisco, a cuyo efecto, se observaron las malas técnicas y prácticas agrícolas que se implementan en el área para conservación de suelos como forma de evitar la escorrentía superficial.
- Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada.
- Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los habitantes que residen en la subcuenca. Ya con una visión más clara sobre la problemática de contaminación por fosfatos en la subcuenca del Río San Francisco

El método del marco lógico, permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; así como facilitó establecer la denominación del trabajo en cuestión.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

- Entrevista: Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas, proporcionaran la información requerida, después de ser aplicada.

#### **1.4.1 Cálculo de la muestra**

Según información del censo poblacional y habitacional del año 2002 del INE, en el año 2002 se tenía una población estimada de 45,092 habitantes, tomando este dato se procedió a realizar una proyección de la población al año 2011 utilizando la siguiente fórmula:

$$P_{2012} = P(1+i)^n$$

Aplicando ésta fórmula se determinó que la población para el año 2011 es de 58,835 habitantes, tomando este dato se procedió a calcular la muestra utilizando la fórmula de Yamane que se refiere a poblaciones finitas que poseen variables cualitativas, obteniendo el tamaño de la muestra que fue de 382 personas a encuestar.

Cálculo del tamaño de la muestra

### Caso: Población finita cualitativa

$$n = \frac{NZ^2 pq}{Nd^2 + Z^2 pq}$$

Cuadro 5. Cálculo del tamaño de la muestra

<b>N=</b>	58,835	Habitantes en la subcuenca del Río San Francisco
<b>Z=</b>	1.96	Valor de Z en la tabla
<b>Z<sup>2</sup>=</b>	3.8416	
<b>p=</b>	0.5	% de éxito
<b>q=</b>	0.5	
<b>d=</b>	0.05	Error de muestreo
<b>d<sup>2</sup>=</b>	0.0025	
<b>NZ<sup>2</sup>pq=</b>	56,505.13	
<b>Nd<sup>2</sup>=</b>	147.09	
<b>Z<sup>2</sup>pq=</b>	0,9604	
<b>Nd<sup>2</sup>+Z<sup>2</sup>pq=</b>	148.05	
<b>n=</b>	<b>382</b>	

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabular los datos; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos.

### 1.5 Resultados

Con el propósito de proponer soluciones a corto, mediano y largo plazo de acuerdo a los resultados obtenidos durante la investigación de campo, y al aplicar la técnica de entrevistas, la muestra de 382 personas divididos en los diferentes municipios que componen la subcuenca (Chicicastenango, Quiche; Concepción, Sololá, Panajachel, San Andrés Semetabaj y Santa Catarina Palopó estos del departamento de Sololá) de todos los centros poblados de la subcuenca del Río San Francisco respectivamente.

De los 382 personas entrevistadas el 95.81% de los pobladores de la Subcuenca del Río San Francisco encuestados afirman que el Lago de Atitlán sí afronta serios problemas de contaminación en los últimos años, el 2.36% niegan que exista contaminación y el 1.83% no sabe si existe contaminación.

La belleza escénica del Lago de Atitlán ha sido afectado en gran manera en los últimos años así lo confirma el 92.4%, el 5.5% argumenta que no y el 2.09% no sabe, de los encuestados, en su orden de importancia, las personas aducen que la belleza del Lago ha sido afectado por los recientes florecimientos de cianobacterias

El Río San Francisco, según el 89.53% de los encuestados, considera al Río como uno de los principales cuerpos de contaminación al Lago de Atitlán puesto que transporta a lo largo de su recorrido gran cantidad de desechos sólidos de los habitantes el 7.33% considera que no aporta contaminación y el 3.14% no sabe

El 89.79% de las personas encuestadas de la subcuenca del Río San Francisco confirma el uso de detergentes en sus hogares para el lavado de ropa. Tan solo el 8.12% no lo utiliza, y el 2.09% no sabe

El 80.89% de los encuestados consideran que la mala aplicación de los fertilizantes en la subcuenca del Río San Francisco, sin ninguna asesoría técnica ni capacitación tiene un impacto negativo sobre el Río y el Lago de Atitlán, el 16.49% considera que la mala aplicación de fertilizantes no contamina y el 2.62% no sabe

Más del 50% de las personas encuestadas de la Subcuenca del Río San Francisco utilizan fertilizantes químicos, son los más usados en la agricultura dentro de la subcuenca. Un 30.89% afirma que se da una alternancia en cuanto al uso de los fertilizantes químicos y orgánicos. Solamente el 18,32% utiliza el fertilizante orgánico

El 64.40% de las personas encuestadas afirman que los agricultores de la subcuenca del Río San Francisco no reciben asesoría técnica permanente en cuanto a la correcta aplicación de los fertilizantes en los diferentes cultivos que poseen. El 31.41% dice que sí reciben asesoría técnica, y el 4.19% no sabe.

Reduciendo el uso de detergentes fosfatados cambiándolos por otros de tipo biodegradable y libres de fosfatos contribuiría a la conservación del Lago de Atitlán, así lo confirma el 80.89% de los encuestados de la subcuenca del Río San Francisco, ya que de esa manera se estaría eliminando una fuente importante de fósforo que es conducido y arrastrado por el Río que finalmente llega al lago, el 15.71%

## 1.6 Conclusiones y recomendaciones

- Para un buen manejo de las cuencas hidrográficas, es importante tomar en cuenta la parte agrícola, ya que, el estado de una cuenca y del recurso hídrico que drena a través de ella es el reflejo de cómo se realizan las actividades en el territorio que comprende, respecto a buenas prácticas para actividades agroforestales, forestales, agrícolas y ganaderas.
- El proceso de eutricación del Lago de Atitlán, como lo afirma Nicolas Preston , más que a causas naturales se debe a causas antropogénicas, dentro de las que destacan las malas prácticas agrícolas y el uso excesivo de fertilizantes, uso de detergentes con alto contenido de fósforo, descargas directas de aguas residuales domésticas (por escurrimiento o por sistema de alcantarillado), descargas de las plantas de tratamiento de aguas residuales con alto contenido de nutrientes (Plantas de tratamiento sin mecanismos de reducción de fósforo), entre otros.
- El 95% de las personas encuestadas de la Subcuenca del Río San Francisco están conscientes que los detergentes pueden alterar de forma negativa el ecosistema del lago, sin embargo, desconocen totalmente sobre la dinámica del ingrediente principal que es el fósforo, de la misma manera desconocen de opciones de detergentes libres de fosfatos, esto pone de manifiesto la necesidad de implementar un programa de educación ambiental.



## Recomendaciones

- A la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del lago de Atitlán y su Entorno –AMSCLAE-, crear de manera urgente el Departamento Agrícola, que coordine y vele por todo lo concerniente a la agricultura dentro de la Subcuenca del Río San Francisco.
- Al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-, apoyar y coordinar conjuntamente con la AMSCLAE la asesoría técnica permanente a agricultores de la Subcuenca del Río San Francisco y en toda la cuenca del Lago de Atitlán.
- Formular proyectos de infraestructura para el manejo adecuado del Río San Francisco y su cuenca con el fin de reducir su caudal y evitar arrastre de sedimentos y otros nutrientes que desembocan en el Lago de Atitlán.

## 1.7 Bibliografía

1. Álvarez Castillo, E; Cardona de Paz, M; Gil Esturban, A; Martínez Cano, A. 2005. Síntesis de diagnóstico de la subcuenca del Río Panajachel. Módulo de manejo de cuencas hidrográficas. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 93 p.
2. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1973a. Mapa topográfico de república de Guatemala; hoja Sololá, no. 1960-III. Guatemala. Esc. 1:50 000. Color.
4. \_\_\_\_\_. 1982. Mapa topográfico de república de Guatemala; hoja Chichicastenango, no. 1960-I. Guatemala. Esc. 1:50 000. Color.
5. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. Censos nacionales XI de población y VI de habitación. Guatemala. 25p.
6. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2011. Estación metereológica El Tablón, Sololá, Guatemala. Guatemala. 20 p.
7. Romero, M. 2009. Valoración económica del lago de Atitlán, Sololá. Tesis MSc. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 95 p.

**2 CAPITULO II**  
**DINAMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO**  
**QUISCAB (2008-2012) DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

**DYNAMICS OF WATER QUALITY SURFACE QUISCAB SUBWATERSHED (2008-2012)**  
**DEPARTMENT OF SOLOLÁ, GUATEMALA, CA.**

## 2.1 Presentación

Calidad del agua, es el término ampliamente usado, sin embargo la cuantificación científica resulta bastante importante y esta solución es una estrategia básica en el desarrollo de los fundamentos para el manejo de los recursos hídricos (Álvarez, Panta, Ayala, & Acosta, 2008). Calidad de agua es relativa, referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas, a lo largo del tiempo y área que el afluente recorre. En el caso del Río Quiscab la demografía ha aumentado el cambio de uso (urbanización, agrícola y deforestación) los desastres naturales y la construcción de nuevas vías de acceso han afectado la dinámica del río, incrementando la contaminación por el arrastre de nutrientes que son transportados hacia este.

La calidad del agua está afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua, y a la cantidad misma del agua de los ríos y lagos, ya que de ésta depende su capacidad de purificación.

Uno de los principales problemas ambientales de las cuencas hidrográficas es la calidad del agua y la subcuenca del Río Quiscab no es la excepción. Básicamente la contaminación de la misma manera está asociada con la presencia de organismos patógenos, residuos de pesticidas, fertilizantes, fosfatos de detergentes de uso domiciliar, coliformes fecales y totales, sólidos en suspensión entre otros.

Por eso es importante determinar el grado de contaminación del Río Quiscab, a fin de planificar su conservación y recuperación, además para determinar los usos y beneficios de sus aguas en actividades de agrícolas, pecuarias, recreación, consumo humano etc.)

El presente trabajo tuvo como fin estudiar los niveles de contaminación del agua del Río Quiscab, comparando la calidad del agua en el muestreo realizado en época seca (enero) del año 2012 con el estudio desarrollado por (Padilla, 2012) cuyo muestreo fue realizado para determinar el grado de contaminación en los últimos cuatro años, comparando los resultados actuales con los realizados en época seca del año 2008.

## 2.2 Marco conceptual

### 2.2.1 Marco referencial

#### 2.2.1.1 Ubicación geográfica

La subcuenca del Río Quiscab posee un área de 159.60 km<sup>2</sup>, y la conforman dos microcuencas, que son: las del Río Quiscab-Chuiscalera y la del Río Xibalbay, con áreas de 73.60 y 86 km<sup>2</sup> respectivamente. A su vez, la subcuenca pertenece a la cuenca del Lago Atitlán, la cual se localiza en la vertiente del Océano Pacífico.

La subcuenca del Río Quiscab es un área protegida por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), a continuación se presentan las características del área: (-CONAP-, 2007-2011)

Cuadro 6. Coordenadas UTM del cuadrante dentro del cual se localiza la subcuenca del Río Quiscab

<b>Ubicación</b>	<b>Latitud Norte</b>	<b>Longitud Oeste</b>
Parte superior izquierdo	682639.86	1647291.70
Parte inferior izquierdo	682639.86	1629570.87
Parte superior derecha	700296.59	1647387.66
Parte inferior derecha	700296.59	1629586.99
Punto de aforo	695938.79	1630358.53

Fuente: Hojas topográficas de Chichicastenango (1960 I), Sololá (1960 II), Totonicapán (1960 IV) y Santa Catarina Ixtahuacán (1960 III)(IGN (Instituto Geográfico Nacional, 1982)

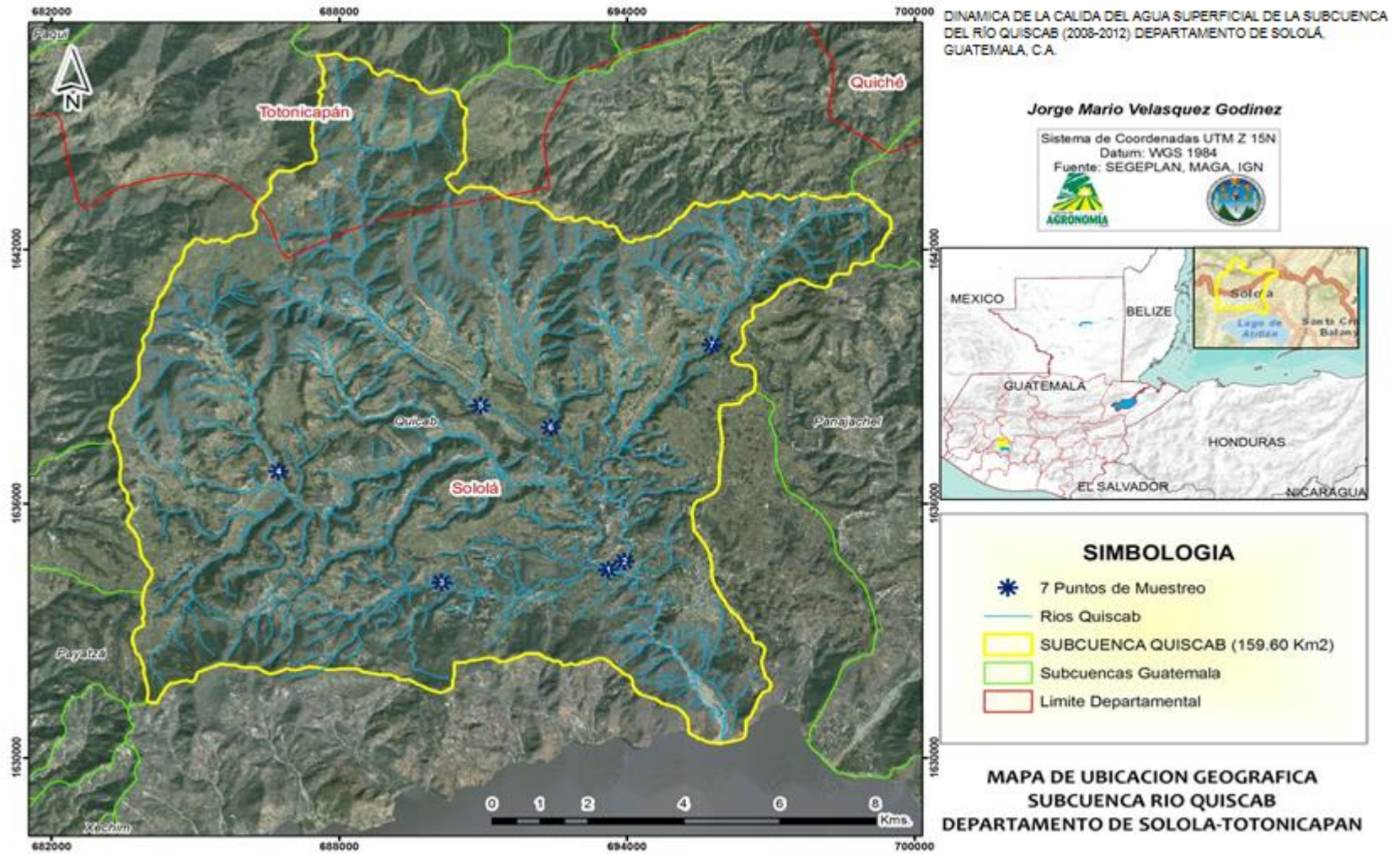


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica, subcuena Rio Quiscab, departamento de Sololá-Totonicapán

### 2.2.2 Ubicación político-administrativa

La subcuenca del Río Quiscab se encuentra en la región número VI Sur-Occidental. El área de estudio abarca 4 municipios (Sololá, San José Chacayá, Santa Lucía Utatlán, Nahualá) y 47 poblados del departamento de Sololá y 1 municipio (Totonicapán) y 4 poblados de Totonicapán. (INE Instituto Nacional de Estadística, 2002)

### 2.2.3 Aspectos socioeconómicos

#### Demografía (características generales de la población) población total

Los que residen dentro de la subcuenca del Río Quiscab son un total de 222,040 habitantes (proyección 2012) de los cuales el 69 % habitan en la microcuenca del Río Xibalbay y el 31% habitan en la microcuenca del Río Quiscab-Chuiscalera. Las comunidades más pobladas son; la cabecera municipal de Sololá, El Tablón y la aldea Xajaxac. (INE Instituto Nacional de Estadística, 2002)

Cuadro 7. Municipios comprendidos dentro de la subcuenca del Río Quiscab, población proyectada al año 2012.

Municipios departamento Sololá	Población proyectada año 2012
Sololá	118,722
Santa Lucia Utatlán	24,337
San José Chacayá	4,165
Nahuala	66,348
Municipios departamento Totonicapán	
La concordia	8,468
Total población cuenca Río Quiscab	222,040

Fuente: Proyección de población por municipio 2008-2020, INE 2012.

De la población total el 53.46% (118,722 habitantes) pertenece al municipio de Sololá, en Santa Lucía Utatlán, el 10.96% (24,337 habitantes), San José Chacayá un 1.87% (4,165 habitantes), Nahualá 29.88% (66,348 habitantes) y Totonicapán un 3.81% (8,468 habitantes). (INE, proyección 2008-2020)

#### 2.2.4 Población económicamente activa

Solamente el 30% de la población total en la subcuenca del Río Quiscab es económicamente activa. De esta PEA el 74.5% son hombres y solo el 25.5% son mujeres. Las mujeres, trabajan principalmente como amas de casa sin ninguna remuneración, explicando así, la casi nula participación económica. Las consideradas activas económicamente, centran su trabajo en la confección y venta de textiles y/o artesanías. De todas las personas que tienen empleo el 80% trabaja como empleado público y/o privado, el porcentaje restante se divide en patrono, cuenta propia ó familiar no remunerado (INE Instituto Nacional de Estadística, 2002)

Cuadro 8. Población económicamente activa total y por género

Población Total Subcuenca Río Quiscab	Población Económicamente Activa		
	No. de personas pertenecientes a la PEA	Hombres	Mujeres
222,040	66,612	49,626	16,986

Fuente: Proyección de población por municipio 2008-2020, INE 2012.

##### 2.2.4.1 Densidad de población

La subcuenca cuenta con un área de 159.60 km<sup>2</sup> y una población total de 222,040 habitantes, por consiguiente una densidad poblacional de 1391 hab/km<sup>2</sup>

##### 2.2.4.2 Proyección demográfica

La proyección demográfica para el año 2012 será útil para definir proyectos a futuro para que estos prevean las necesidades que se tendrán en ese año en función a la población, que se verá radicalmente aumentada. Estos datos permitirán implementar proyectos de mayor durabilidad para la población, así como lograr una mayor información para disminuir esta tasa de crecimiento poblacional por medio de implementación de talleres de información.



## 2.2.5 Educación

### Nivel educativo en el área rural y urbana

Actualmente el analfabetismo ha sido uno de los problemas aún sin superarse dentro de los cinco municipios que constituyen la subcuenca del Río Quiscab. En los últimos años los programas de alfabetización impulsados por el Ministerio de Educación (MINEDUC) y la Comisión Nacional de Alfabetización (CONALFA), lograron un leve incremento, pero recayó debido a la falta de insumos para con los alfabetizadores, ya que no se contaba con el material didáctico adecuado. Esto debido a que en el área hay un mayor índice de población indígena. (CONALFA)

## 2.2.6 Idiomas

### Pertenencia étnica

Cuadro 9. Pertenencia étnica de la subcuenca del Río Quiscab

Pertenencia Étnica	
Indígena	210,938
Ladino	7,771
Otra	3,331
Total	222,040

Fuente: Características Generales de la Población Censo 2002 INE. Proyección 2012

En la subcuenca del Río Quiscab el 95% de la población es indígena (66% Kaqchiquel y el 27% K'iche), el 3.5% de la población es ladina y el 1.5% otros.

En el municipio de Nahualá al igual que los poblados de Totonicapán la lengua predominante es K'iche y el restante de los municipios se habla Kaqchiquel (Planes de Desarrollo Integral de los Municipios pertenecientes a la subcuenca del Río Quiscab).

## 2.2.7 Producción agrícola en la subcuenca del Río Quiscab

Las actividades productivas principales de las comunidades que conforman la subcuenca del Río Quiscab, tiene como cultivos prioritarios que se producen a mayor escala en asocio maíz-frijol-chilacayote ó maíz-habas-chilacayote.

Entre las especies de frutales de alta producción se sitúan el durazno, melocotón y manzana, así como aguacates, mientras que las de consumo hogareño están: níspero, higo y granadilla

Otros cultivos como, hortalizas y papa, se cultivan en 15 comunidades, el cultivo de papa es para la venta en los mercados de la región y una parte es para su consumo, y se obtiene alrededor de 10-12 quintales por cuerda (863.6 kg/ha). De las hortalizas las más producidas son haba, zanahoria, repollo, cebolla, remolachas y brócoli. (INE, 2003)

#### **2.2.7.1 Producción pecuaria**

Aproximadamente el 65 % de las familias que conforman el área de estudio tienen crianza de diferentes clases de ganado, como el vacuno, equino, ovino, siendo este departamento uno de los mayores productores de lana a nivel nacional. El ganado vacuno es destinado a la venta.

El 80% de las familias tiene pollos y gallinas de los que obtiene huevos y carne para autoconsumo y en algunos casos para la venta dentro de la misma comunidad. Alrededor de 6 pollos por familia es lo que se encuentra en la región. (INE, 2003)

#### **Infraestructura física**

Existe un mercado principal en la cabecera municipal de Sololá en donde la mayoría de productores van a vender sus cosechas, además existen otros cinco mercados localizados en los distintas aldeas y cantones (Chuiquel, El Tablón, Los Encuentro, San Jorge la Laguna y Xajaxac). Los días de mayor comercio son los jueves y domingos.

#### **2.2.8 Vías de acceso**

El acceso desde la ciudad capital por tres vías diferentes, la más utilizada (km. 146), es la carretera interamericana (CA1) que pasa por la cabecera departamental. El otro acceso desde la ciudad capital se hace a través del municipio de Santa Lucía Utatlán, vía interamericana hasta el cruce en el km 148.

#### **2.2.9 Tenencia de la tierra en la subcuenca del Río Quiscab**

El problema de la tenencia de la tierra en el área de estudio es de origen estructural común en la historia agraria nacional.

La tierra es el recurso social y fundamental de todos cuantos existen. La tierra y su tenencia fue el desencadenamiento de los conflictos sociales en la historia hispánica y causante del enfrentamiento político militar de los últimos treinta y seis años, y el problema eterno a resolver por los gobiernos.

Sololá fue un área crítica del conflicto armado, teniendo como trasfondo un sentido agrario, (Municipalidad Uvatlán, 2012)

Cuadro 10. Aspectos de tenencia de tierra en los departamentos que comprende la subcuenca del Río Quiscab.

<b>Indicadores</b>	<b>Sololá (2,003)</b>	<b>Totonicapán (2,003)</b>
Superficie total (ha)	29,493.6	21,664.5
PEA Agrícola (personas)	42,155	23,476
Superficie/PEA (ha/hab)	0.7	0.9
Tamaño promedio de las fincas (ha)	0.8	0.5
Microfinca (menores de 0.7 ha)	0.3	0.2
Subfamiliares (0.7 a 45 ha)	1.4	1.7
Familiares	11.5	12.5

Fuente: Informe de Desarrollo Humano 2004.(PNUD, 2004)

En las comunidades que comprenden la subcuenca del Río Quiscab de acuerdo al Plan de Desarrollo Integral de donde se observa que la tenencia, de la tierra es en su gran mayoría (un 94%) de propiedad privada y el resto se divide en propiedad municipal, por cooperativa y comunal. (Municipalidad San José Chacayá, 2010)

### **2.2.10 Uso de la tierra**

Según el censo Agropecuario, 2003 se manifiestan las cinco categorías de uso en los municipios que delimitan la subcuenca. Estas categorías son: Cultivos anuales o temporales, cultivos permanentes y semipermanentes, pastos, bosques y otras tierras, refiriéndose esta última a tierras ocupadas por instalación de fincas, montes, caminos, lechos de ríos y/o lagos, etc. La categoría de uso con más frecuencia en los municipios de Sololá, San José Chacayá y Santa Lucía Uvatlán, está destinada a cultivos anuales. (INE, 2003)

### 2.2.11 Tecnología de producción

#### Labranza

Las técnicas de cultivo utilizadas son manuales en un 80% y un 20% mecanizada, en la mayoría de los casos se utiliza el riego superficial (por goteo y aspersión) la utilización de fertilizantes químicos, en algunos poblados utilizan el rastrojo sobrante para preparar el suelo para una nueva siembra.

### 2.2.12 Uso de fertilizantes y plaguicidas

En el cultivo de maíz no aplican mayor cantidad de fertilizantes, caso contrario del cultivo de hortalizas en el que se valen del uso de Triple 15, Urea, abonos orgánicos, entre otros para incrementar sus cosechas. Aunque los terrenos son pequeños y en ellos se siembran diversos cultivos, estos son afectados por plagas y enfermedades por las condiciones de humedad del área por lo que hacen uso de plaguicidas e insecticidas que alteran el equilibrio ecológico matando a insectos dañinos y a los beneficiosos. Los residuos de estos fertilizantes, llegan a los ríos y mantos freáticos contaminando el suelo y el agua que luego llega al lago de Atitlán propiciando su Eutroficación. (Romero, 2009)

### 2.2.13 Salud y sanidad pública

#### Indicadores de salud

Respecto a las tasas de indicadores de salud como natalidad, fecundidad, mortalidad materno infantil y mortalidad general; son la tasa de natalidad y mortalidad materna las más altas como expresiones sociales de extrema pobreza y pobreza.

Cuadro 11. Indicadores de salud

Indicador	Tasa (1/1000 habitantes)
Tasa de natalidad	39.54
Tasa de fecundidad	16.8
Tasad de mortalidad materna	24.4
Tasa de mortalidad infantil < 1 año	25.32
Tasa de mortalidad general	4.29

Fuente: Centros de salud de la región. (JM. 2011)

La desnutrición crónica de niños en edad escolar es de 73% (junio, 2009), siendo por encima del doble que en la ciudad capital, y uno de los niveles de desnutrición más

elevados del país. Según estudios, un niño con desnutrición aguda tiene 66% más de riesgo de morir por una infección respiratoria y/o intestinal. Esto explica los altos niveles de mortalidad infantil, que constituyen más del 25%; al igual, las tasas de morbilidad infantil y materna, que son elevadas, siendo estas 25 y 24 mil respectivamente. Centros de salud. (JM. 2011)

### Principales causas de morbilidad

Según datos proporcionados por los centros de salud, las cinco enfermedades más comunes que afectan a los niños y niñas son: resfriado común, diarreas, infecciones respiratorias y parasitismo tanto internos como externos, de estos últimos el que más afecta es la sarcoptiosis. En las mujeres embarazadas, las infecciones urinarias, presión alta o baja. Así mismo existen otros casos como la meningitis, bronconeumonía, dermatitis, conjuntivitis, avitaminosis, escabiosis y la otitis media.

Cuadro 12. Cinco causas principales de morbilidad general por género

Resfriado Común		Enfermedad Péptica		Neumonía		Faringoa-Migdalitis		Parasitismo Intestinal	
Hombre %	Mujer %	Hombre %	Mujer %	Hombre %	Mujer %	Hombre %	Mujer %	Hombre %	Mujer %
14.85	13.19	12.57	12.49	8.51	7.64	8.22	6.93	7.58	6.24

Fuente: centros de salud de la región. (JM. 2011)

### Principales causas de mortalidad

Las causantes de la mortalidad infantil según datos proporcionados por el centro de salud, son: Las infecciones intestinales con vómitos, las infecciones respiratorias agudas, el parasitismo, la desnutrición. La causante de la mortalidad de mujeres embarazadas (pre y post natal) son: hemorragia pre y post parto, infecciones post-parto, insuficiencia renal y neumonía. Las enfermedades causantes de la muerte en general son las siguientes: por vejez, intoxicación alcohólica, diabetes, asfixia, neumonía y fiebre.

Cuadro 13. Cinco principales causas de mortalidad general por género

Desnutrición		Enfermedad Péptica		Neumonía		Intoxicación Alcohólica		Parasitismo Intestinal	
Hombre %	Mujer %	Hombre %	Mujer %	Hombre %	Mujer %	Hombre %	Mujer %	Hombre %	Mujer %
8.22	6.93	14.85	13.19	7.58	6.24	8.51	7.64	12.57	12.49

Fuente: Centros de salud de la región. (JM. 2011)

## 2.2.14 Aspectos biofísicos

### 2.2.14.1 Clima

Según el sistema de clasificación climática de Thornthwaite, el área donde se localiza la subcuenca, se enmarca en un solo tipo de clima, el Templado.

#### Temperatura

Los valores de temperatura, fueron tomadas de la estación meteorológica del municipio El Tablón, departamento de Sololá con coordenadas 14°38'35" latitud norte y 91°08'26" longitud oeste; siendo la única estación dentro del área; registrando para un periodo de 15 años (1994-2009) una temperatura mínima de 8.5 °C, media de 14.6 °C y una máxima de 20.4 °C.

#### Evapotranspiración

La evapotranspiración potencial, permite estimar la pérdida de agua por efectos térmicos (físicos propiamente) y por procesos metabólicos de plantas y animales. La evapotranspiración potencial total anual de 30.66 ml. Presentándose el valor más alto en el mes de Abril con 3.36 ml y el más bajo en los meses de octubre con 1.89 ml. (Estación el Tablón)

#### Precipitación

La precipitación pluvial en la subcuenca del Río Quiscab, está determinada por la fisiografía. La precipitación pluvial anual varía entre 975 ml a 1836.8 ml, tomado para los años de 2,009 a 2011, la época húmeda se presenta esencialmente de mayo a octubre.(INSIVUMEH., 2009-2011)

## Humedad relativa

El promedio anual de 2,009 a 2,011 es de 78% según datos obtenidos de la estación meteorológica del INSIVUMEH del Tablón, Sololá.

Los valores medios mensuales, registrados en el período 1994-2009, de temperatura, precipitación y evapotranspiración, tomados de la estación meteorológica “El Tablón”, catalogada como clase A, se muestran en el Climadiagrama de la Figura 2.

Cuadro 14. Aspectos biofísicos mensuales (mm) de las estaciones monitoreadas durante la etapa 2009-2011 en la subcuenca del Río Quiscab.

Estación	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Junio	Julio
El Tablón	165,86	306,23	185,36	62,56	17,65	2,75	3,23	5,16	37,66	147,79	255,03	178,84

Cuadro 15. Temperatura media mensual (°C) de las estaciones monitoreadas durante la etapa 2009-2011 en la subcuenca del río Quiscab.

Estación	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Junio	Julio
El Tablón	15.75	15.6	15.9	14.2	14.55	14.1	13.7	13.2	15.7	15.8	15.65	15.55

Cuadro 16. Evapotranspiración media mensual (mm) anual de las estaciones monitoreadas durante la etapa 2009-2011 en la subcuenca del río Quiscab.

Estación	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Junio	Julio
El Tablón	122.6	103.6	102.7	93.7	91.8	94.9	101.02	117.4	124.3	123.8	113.6	124

(INSIVUMEH, 2009-2011)

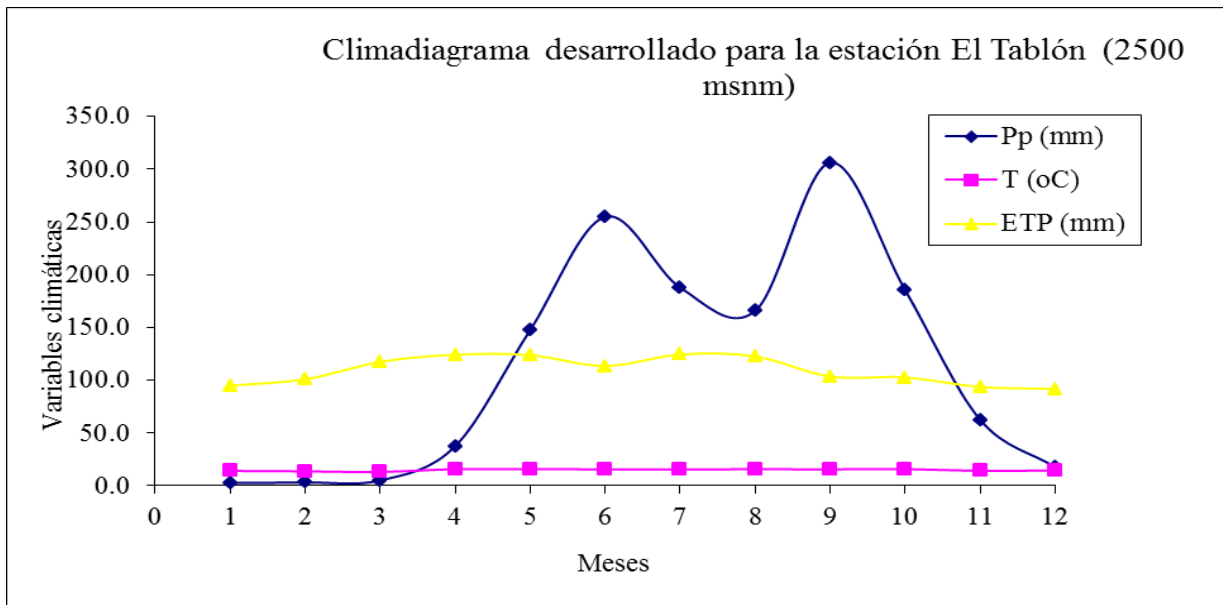


Figura 2. Climadiagrama estación El Tablón

Para la precipitación se observan valores que se incrementan a partir de mediados de abril y que se mantienen altos hasta el mes de noviembre, teniendo una baja en entre los meses de julio y agosto, esto es debido a la singular canícula de San Juan (período seco dentro de la época lluviosa) que se da en esta época del año. Esto implica un exceso de humedad en el ambiente en seis de los doce meses del año, con un comportamiento bimodal de la precipitación típico del resto del país, con un aumento de la humedad al inicio de la época lluviosa y un incremento posterior con valores máximos por encima de los 250 mm en el mes de octubre.

La evapotranspiración mantiene valores prácticamente constantes, pero los más altos coinciden con el momento donde se presenta un déficit hídrico (Fuentes, 2005); un comportamiento semejante presentan los valores de temperatura, que no supera en ningún momento los 16°C.



### 2.2.15 Zonas de vida

En la subcuenca del Río Quiscab, se ubican tres zonas de vida según el sistema de clasificación de Holdridge y modificado por (De la cruz, 1982), se ubicó en la parte alta de la subcuenca la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Montano Subtropical (bmh-M) 22.49% (35.90 km<sup>2</sup>), en la parte media Bosque Muy Húmedo Montano bajo Subtropical (bmh-MB) 68.05% (108.60 km<sup>2</sup>) y en la parte baja el Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB) 9.46% (15.10 km<sup>2</sup>).

Cuadro 17. Zonas de Vida de la subcuenca del Río Quiscab

Símbolo	Zonas de Vida	Km <sup>2</sup>	%
bh-MB	Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical	15.10	9.46
bmh-MB	Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical	108.60	68.05
bmh-M	Bosque muy Húmedo Montano subtropical	35.90	22.49
	Total	159.60	100

Fuente Módulo de Cuencas Hidrográficas 2007, Capas digitales MAGA-Asprede, Esc: 1:250,000(Fausac, 2007)

#### **Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB)**

La precipitación pluvial anual varía de 1,100 a 1,600 mm, con biotemperaturas medias anuales de 15 a 23 °C, y una relación de evapotranspiración potencial del 75%, esta zona de vida representa solamente el 9.46 % del área de la subcuenca (15.10 km<sup>2</sup>).

#### **Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB)**

Comprende una franja alrededor del bosque muy húmedo montano y bosque húmedo Montano, se caracteriza por localizarse en elevaciones que van de los 1800 a 3000 msnm, el cual representa un 68.05% del área de la subcuenca (108.60 km<sup>2</sup>), la precipitación se estima entre los 2000 a 4000 mm anuales, con biotemperatura media anual entre los 12.5 a 18.6 °C.

#### **Bosque Muy Húmedo Montano (bmh-M)**

El bmh-M representa un 22.49 % del área de la subcuenca (35.90 km<sup>2</sup>) en donde las especies indicadoras, son: *Abiesguatemalensis*, *Pinus ayacahuite*, *Pinushartwegii*, *Pinuspseudostrobus*, *Cupressus lusitanica*, *Quercus* sp., *Boconia volcánica*, *Buddleia* sp., *Cestrum* sp.

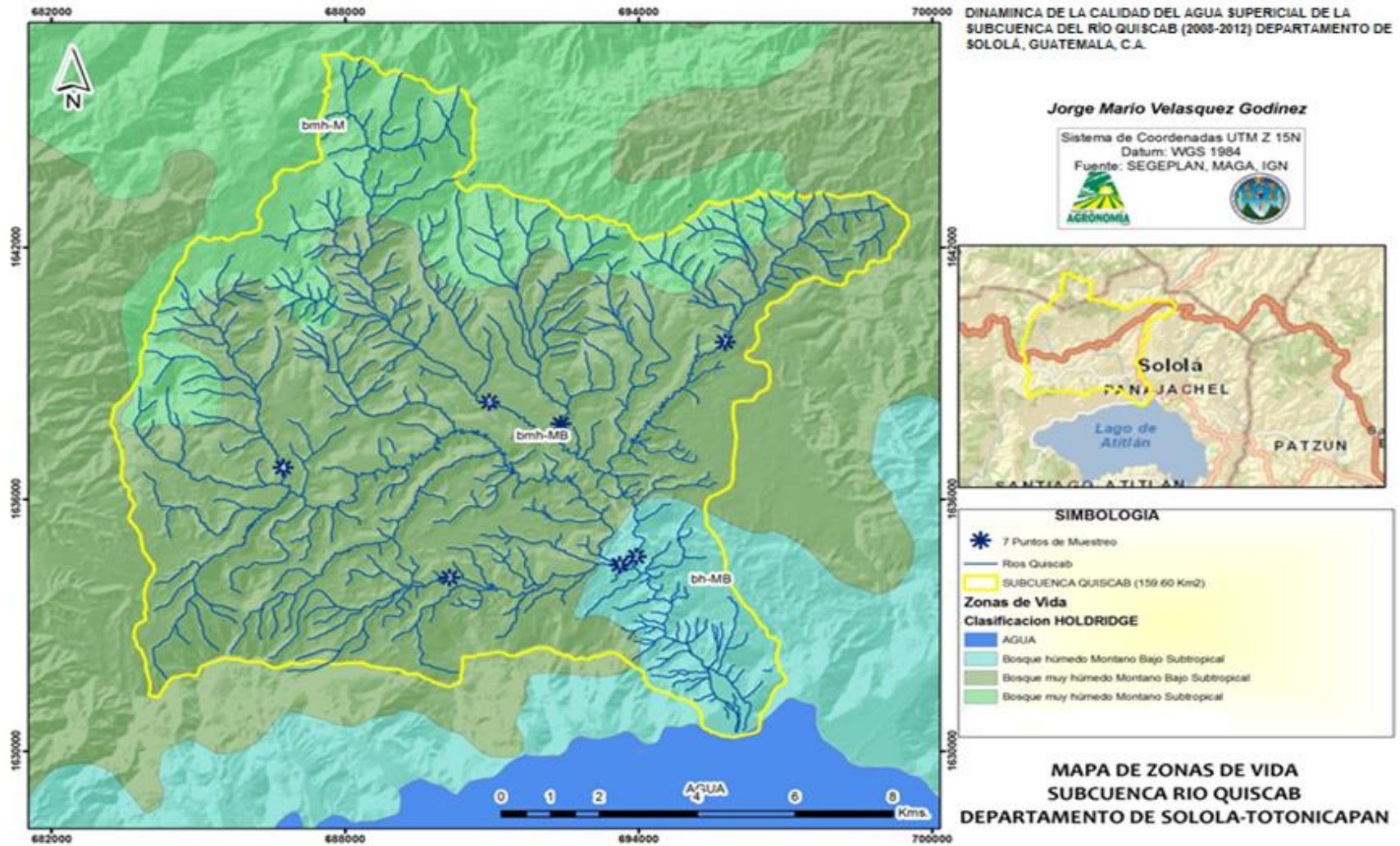


Figura 3. Mapa de zonas de vida, subcuena Río Quiscab, departamentos de Sololá-Totonicapán.

## 2.2.16 Recurso hídrico

### 2.2.16.1 Morfometría de la subcuenca

#### Aspectos lineales

El perímetro total de la subcuenca del Río Quiscab corresponde a 60.25 km

Cuadro 18. Clases de corrientes de la subcuenca del Río Quiscab

<b>Clase de corrientes</b>	<b>No. De corrientes</b>
Permanentes	11
Intermitentes	24
Efímeras	52
Efímeras	52

Fuente: Elaboración Módulo de cuencas hidrográficas 2,007.

Corrientes permanentes son los Ríos Quiscab, Chuiscalera, Xibalbay, Novillero, Argueta, Xaquijya, María Tecún, Xibalbay y la Cuchilla, Chuiscalera San José Chacayá, Pugualtuj y las Flores.

#### Agua superficial

#### Hidrografía

La subcuenca cuenta con los afluentes: Quiscab, Chuiscalera, Novillero, Pugualtuj, Argueta, María Tecun, Xaquijya, Xibalbay, Xibalbay la Cuchilla, Chuiscalera San José Chacayá, y las Flores; siendo pocos en comparación al área de la subcuenca que es 159.60 km<sup>2</sup>, lo que indica una baja red drenajes.



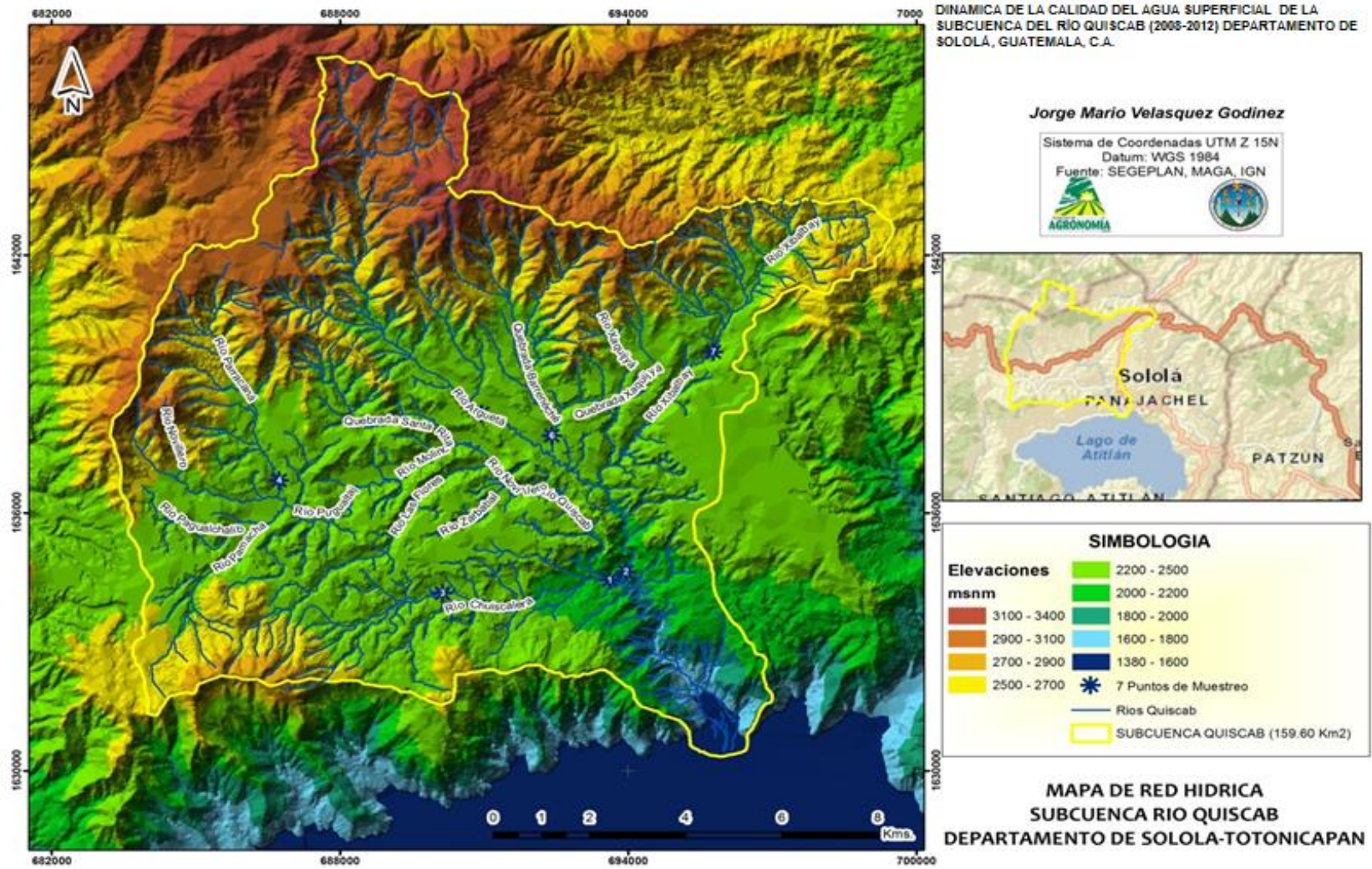


Figura 4. Mapa de red hídrica, subcuena Río Quiscab, departamento de Sololá-Totonicapán.

### **2.2.17 Fuentes de contaminación**

En la subcuenca las fuentes de contaminación del recurso hídrico son en su mayoría origen antropogénicas; estas se describen a continuación.

#### **Los vertidos de aguas jabonosas de las viviendas.**

La mayor parte de las familias utilizan jabón sólido y jabón en polvo, como producto de las actividades de higiene. Se considera que en estas actividades se consume, como promedio, un volumen de 150 L/día de agua por persona. Ello significa que, en toda el área de la subcuenca, se vierte un total aproximado de  $3,39 * 10^{12} \text{ m}^3$  de aguas jabonosas anualmente. Es considerada contaminación puntual. (Padilla, 2012)

#### **Letrinas de hoyo**

Las letrinas artesanales constituyen una fuente de contaminación al ser construidos directamente en el suelo, sin ningún tipo de aislamiento, lo que constituye un riesgo ya que por la infiltración y percolación del agua de lluvia son transportadas bacterias y nitratos, que contaminan los manantiales que alimentarán a las corrientes superficiales (Padilla, 2012)

#### **Excretas de animales.**

En las comunidades campesinas que conforman la subcuenca es común que las familias posean aves de patio, porcinos, ganado vacuno, equino, caprino. Una fuente de contaminación no puntual la constituye toda la producción de estiércol de estos animales que propicia una gran fuente contaminante de coliformes fecales y totales para las fuentes de agua. (Padilla, 2012)

#### **Manejo postcosecha de hortalizas**

En la subcuenca se tiene como práctica común en las poblaciones de San José Chacayá (Río Chuiscalera) y Los Encuentros (Xibalbay-La Cuchilla) que los campesinos realicen la actividad de lavado y empaque de hortalizas como zanahoria, papa y cebolla en los ríos de la zona. Es considerada contaminación puntual. (Padilla, 2012)

## **Aplicación de fertilizantes químicos**

La aplicación de fertilizantes químicos es una técnica agronómica normalmente recomendada para el aumento del rendimiento de las cosechas. Sin embargo, se ha descubierto que la aplicación de fertilizantes puede constituir una fuente de contaminación no puntual debido a que sus componentes químicos (nitrógeno, fósforo y potasio), son infiltrados y percolados a través del suelo contaminando las fuentes de agua subterráneas; también son arrastrados por la escorrentía superficial contaminando las aguas de manantiales y ríos (Padilla, 2012)

## **Suelos y tierras**

En el año 2009, se manifestó un leve descenso en el área para cultivos anuales, debido al incremento del cultivo de hortalizas y áreas degradadas, que no estaba presente en el año 1991. También fue detectado un ligero descenso en el bosque de coníferas que se relaciona con: el incremento de la frontera agrícola, la explotación de bosques y las plagas y enfermedades; investigaciones posteriores confirman estos hechos (Xicay, 2011). Las áreas de cultivo de hortalizas se localizan en los alrededores de los principales cauces de los ríos, generalmente en áreas planas en la parte baja de la subcuenca, aunque también se ubican en áreas onduladas, donde los agricultores no han aplicado prácticas de conservación. Las áreas degradadas presentan escasa vegetación y pendientes fuertes.

## **Geología**

En la parte media de la subcuenca, en un área de 81.92 kms<sup>2</sup> se encuentra predominantemente roca tipo ígnea y metamórfica del periodo cuaternario, tendientes a formar rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso (Qp).

En la parte alta y baja media en un área de 76.96 kms<sup>2</sup>, se encuentra predominancia de rocas ígneas y metamórficas del periodo terciario. Son rocas volcánicas sin dividir, predominantemente del Mio-Plioceno, incluye tobas, coladas de lava, material lahárico y sedimentos volcánicos (Tv).

Hacia la parte final en la desembocadura del cauce principal, en un área bastante reducida (0.78kms<sup>2</sup>) se observan rocas esencialmente sedimentarias, provenientes de aluviones cuaternarios (Qa).

### 2.2.18 Taxonomía de suelos

En cuanto a la taxonomía de suelos se encuentran el suborden Udands que ocupa un área 107.43 kms<sup>2</sup> dentro de la subcuenca, Ustands ocupa 45.00 kms<sup>2</sup> y Orthents 7.17 kms<sup>2</sup>.

Udands (Dd), presenta propiedades andicas, un régimen de humedad Udico, una fertilidad regular a alta, la presencia de humedad es bastante adecuada, alta presencia de materiales minerales, una regular a alta saturación de bases, contenido de materia orgánica medio alto y sus principales limitantes radican en una alta retención de fosfatos y presencia de erodabilidad.

El suborden Ustands (Ds), al igual que Udands presenta propiedades andicas, varía en su régimen de humedad ya que este posee un régimen Ustico, su fertilidad de regular a alta, esencialmente formado por materiales minerales, alta saturación de bases, regular a alto contenido de materia orgánica y posee factores limitantes tales como una deficiencia de humedad y la alta retención de fosfatos.

El suborden Orthents (Eo), posee una fertilidad bastante baja, esencialmente constituido por materiales minerales, una saturación de bases muy variable, contenido de materia orgánica bastante bajo y sus principales limitantes la constituyen la pedregosidad y la escasa o nula profundidad.

En la subcuenca del Río Quiscab se ubicaron 3 series de sub órdenes taxonómicos de suelos, como se muestra en el cuadro.(UPIE-MAGA, 2000)

Cuadro 19. Taxonomía de suelos presentes en la subcuenca del Río Quiscab

Símbolo	Sub Orden	Km <sup>2</sup>	%
Dd	Udands	107.43	67.32
Ds	Ustands	45.00	28.19
Eo	Orthents	7.17	4.49
Totales		159.60	100.00

Fuente: Capas digitales MAGA-Asprede, Esc: 1:250,000

## 2.2.19 Capacidad de uso de la tierra

Cuadro 20. Capacidad de uso de la tierra de la subcuenca del Río Quiscab

Capacidad de Uso	Símbolo	Área Km <sup>2</sup>	%
Agricultura sin limitaciones	A	35.57	22.28
Agricultura sin limitaciones/agricultura con mejoras	A/Am	2.53	1.59
Agricultura con mejoras/agroforestería con cultivos anuales	Am/Aa	17.28	10.83
Agroforestería con cultivos permanentes/forestal de producción	Ap/F	9.40	5.89
Forestal de producción/forestal de protección	F/Fp	17.61	11.03
Forestal de protección	Ss/Ap	40.92	25.64
Sistema silvopastoriles/agroforestería con cultivos permanentes		34.92	21.88
Improductivas		1.37	0.86
Total		159.60	100

Fuente: Elaboración Módulo de cuencas hidrográficas 2,007. Actualizado en 2,010.

Se observa una clara predominancia de capacidad de uso de tierras de índole forestal (40.92 y 34.92 km<sup>2</sup> cuadrados) lo cual explica significativamente la vocación del área, debido a los usos actuales el área posee un 25.96 % de sobreuso, requiriendo claramente la necesidad de un ordenamiento territorial.

Como se puede apreciar la subcuenca es de vocación forestal que representa más del 50 % y en su mayoría es de uso para bosques de protección que se encuentran en las partes más altas de la subcuenca, ya que son bosques comunales de las comunidades La Esperanza, Panimajà, La Concordia y Barreneché. Las zonas agrícolas predominantes son Chuaxic, El Tablón, Yaxón, Chiuquel, San José Chacayá y en entre otros; las zonas silvopastoriles y agroforestales se encuentran en su mayoría en las comunidades de El Novillero, La Esperanza, Santa Lucía Utatlán y el Cantón Chuchexic y la zona improductiva que es la playa aluvial que se encuentra en la desembocadura de la subcuenca del río Quiscab.



## 2.2.20 Uso actual

Cuadro 21. Principales usos de la tierra dentro de la subcuenca del Río Quiscab.

Tipo de Uso	Área (Km <sup>2</sup> )	%
Agricultura anual (maíz y frijol)	37.72	23.63
Hortalizas de clima templado	12.42	7.78
Bosque de coníferas	39.68	24.86
Bosque mixto	21.00	13.16
Café	1.48	0.93
Áreas degradadas	2.30	1.44
Playa aluvial	1.00	0.63
Poblados rurales	44.00	27.57
Total	159.60	100.00

Fuente: Fotografías aéreas MAGA 2006

La zona de mayor porcentaje de uso en la subcuenca es la de las poblaciones rurales que representan un 27.57 % mientras que para el uso agrícola en su mayoría es de los cultivos de maíz y frijol ocupando un 23.63 %; los cultivos de hortalizas y café ocupan un 12.42 % y 1.48 % respectivamente, el área ocupada de bosques de coníferas es de 24.86 % y los bosques mixtos es de 13.16 %.

De acuerdo al uso del suelo se puede notar que existe un aumento en el crecimiento demográfico, este fenómeno produce el cambio de uso de los suelos a zonas habitacionales, en su mayoría en zonas de riesgo como las partes altas.

Dentro de la subcuenca existe bastante actividad agrícola, siendo un porcentaje menor al del uso de bosque, en los últimos años la cobertura boscosa ha disminuido principalmente para su uso como fuente energética y en la industria como la carpintería. Dentro de la subcuenca han existido alteraciones biofísicas, causadas por el mal manejo de los recursos naturales, lo cual se ha intensificado con los fenómenos naturales, estos fenómenos han provocado el cambio en el uso de los suelos.

## **Cobertura y vegetación del suelo**

El uso de la tierra que posee mayor extensión es la agricultura, con 50.14 km<sup>2</sup> (31.42%). En esta actividad sobresale por su extensión los cultivos de temporada, localizados en la parte norte entre Concepción, el Tablón y Río Xibalbay; entre Argueta y la Concordia; también son importantes los cultivos tales como hortalizas y ornamentales.

El área de bosque representa 60.68 km<sup>2</sup> (38.02%). El tipo de bosque que predomina por su extensión es el latifoliado mixto y de coníferas. El bosque de coníferas predomina en la parte norte de la subcuenca hacia María Tecún y el bosque mixto también predomina en la parte norte. Las áreas urbanas representan 44.00 km<sup>2</sup> (27.57%).(-CONAP-, 2007-2011)

### **2.2.21 Problemas ambientales**

#### **Deforestación**

El mal manejo de los recursos forestales está relacionado con los incendios, con grandes extensiones de bosques, en la mayoría de casos son provocados por agricultores del municipio. Con este tipo de actividades se pierde la capa cultivable del suelo. Esto trae como consecuencia la baja producción de actividades agrícolas, deslaves, poca infiltración del agua en los acuíferos subterráneos, la pérdida de gran cantidad de flora y fauna del bosque.(-CONAP-, 2007-2011)

La tendencia sobre el uso de recurso forestal, se ve acelerada por tres factores principales: en primer lugar la fuerte presión demográfica, que aumenta la necesidad no solo de tierras para cultivar sino también de madera y leña para usos domésticos, en segundo lugar el carácter extensivo de agricultura local y por último la ausencia de otras actividades productivas que ofrezcan fuentes de ingreso para la población.

En el área de la subcuenca del Río Quiscab específicamente en Totonicapán donde han sido conservados los bosques, pues los consideran lugares sagrados para la realización ceremonias mayas y relacionan directamente al bosque con la cantidad de agua que provienen de los manantiales de las montañas; se observa que la gran mayoría de la población se dedica a la carpintería, principalmente en la comunidad La Esperanza, que utilizaban madera de otros lugares de Sololá para no dañar sus bosque pero deforestando otras áreas.

### **Erosión**

La erosión del suelo en la región es causada por el uso insostenible del bosque que repercute directamente en la perdida de la capa cultivable del suelo. Debido a la pendiente de los suelos que la subcuenca posee, es un área de vocación forestal que al ser deforestada permite su explotación durante los primeros años, posteriormente a la erosión de la capa fértil, queda el subsuelo pobre en nutrientes para cultivos agrícolas y con poca o casi nula cantidad de humedad.

De hecho la misma población reconoce que tienen mucho desconocimiento no solo en cuanto al manejo forestal, si no sobre la importancia de la flora y fauna y temas ambientales en general. Esto es producto de que los habitantes no han recibido capacitación sobre el manejo de los recursos naturales. Tampoco los niños y niñas reciben en las escuelas orientación sobre la conservación del medio ambiente.(Xicay, 2011)

## **2.3 Objetivos**

### **2.3.1 General**

- Evaluar la calidad del agua superficial en la subcuenca del Río Quiscab en dos períodos de muestreo 2008-2012.

### **2.3.2 Específicos**

- Estimar los indicadores físico-químicos y bacteriológicos en siete puntos de muestreo en la subcuenca del Río Quiscab, en época de lluvia del año 2012
- Determinar si el agua superficial es recomendable para el consumo humano según las normas internacionales para fuentes de agua de la OMS.
- Establecer si las fuentes de agua son recomendables para ser utilizadas para riego en la agricultura.

## 2.4 Metodología

Para la caracterización físico-química y bacteriológica de las aguas en la subcuenca fueron tomadas muestras (tres réplicas por cada punto), según las medidas recomendadas por (Custodio, 2005), en dos periodos de época seca: año 2008 y año 2012 en siete puntos ubicados como sigue: Punto 1: Río Chuiscalera; Punto 2: Río Xibalbay; Punto 3: Río Chuiscalera (Chichimuch); Punto 4: Río Novillero; Punto 5: Río Argueta; Punto 6: Río Barreneché y Punto 7: Río Xibalbay -La Cuchilla-. (Padilla, 2012)

Las muestras fueron tomadas el 23 de enero del año 2012 (época seca) y el mes de febrero del año 2008 (época seca), esta última para realizar la comparación del estado físico-química del agua superficial del Río Quiscab.

Análisis de laboratorio de las muestras de agua.

Las muestras fueron trasladadas y luego analizadas en el laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Para el agua de consumo se utilizaron los indicadores y procedimientos exigidos por las normas NGO 29001, (COGUANOR, 2003) de Guatemala, esta norma definió los tipos de límites máximos para los indicadores físico-químicos y las sustancias tóxicas presentes en el agua potable como:

Límite Máximo Aceptable o Admisible (LMA): máxima concentración de cualquier característica del agua, por encima de la cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.

Límite Máximo Permisible (LMP): la concentración de cualquier característica supera el valor establecido por lo que el agua representa un riesgo tóxico a la salud y no es adecuada para el consumo humano.

Se clasifica su calidad como Buena: cuando los valores son menores que el Límite Máximo Admisible (LMA); Media: cuando los valores son mayores que el Límite Máximo Admisible (LMA) y menores que el Límite Máximo Permisible (LMP) y Mala: cuando los valores superan al Límite Máximo Permisible (LMP). (Padilla, 2012)

Los indicadores físico-químicos y bacteriológicos evaluados y sus respectivos métodos analíticos se relacionan a continuación:

Cuadro 22. Métodos de laboratorio utilizados para la evaluación de los indicadores físico-químicos y microbiológicos.

No.	Indicadores físico-químicos	Métodos de laboratorio
1	Aspecto	Método visual
2	Olor	Método sensorial (sentido del olfato)
3	Color	Método de espectrofotometría para determinar color
4	Turbidez	Turbidímetro de Hellige
5	Temperatura	Kit de campo
6	Sólidos Disueltos Totales	Método conductimétrico mediante el conductímetro WTW LF 330.
7	Conductividad eléctrica	Método conductimétrico mediante el conductímetro WTW LF 330.
8	pH	Método potenciométrico mediante el Potenciómetro (pH-metro)
9	Alcalinidad	Valoración ácido-base
10	Dureza	La valoración de Liebig (valoración por formación de complejos)
11	Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )	Método colorimétrico. Colorímetro AGILENT 8453
12	Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )	Método colorimétrico, Colorímetro AGILENT 8453
13	Amoniacado ( $\text{NH}_3^+$ )	Método colorimétrico, Colorímetro AGILENT 8453
14	Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	Método gravimétrico
15	Cloruros (Cl)	Valoración por precipitación
16	Fluoruros (F)	Valoración por precipitación
17	Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ )	Valoración ácido-base
18	Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ )	Método de espectrofotometría de absorción atómica con un equipo PERKIN ELMER 3100
19	Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ )	Método de espectrofotometría de absorción atómica con un equipo PERKIN ELMER 3100
20	Sodio ( $\text{Na}^+$ )	Método de espectrofotometría de Absorción atómica con un equipo PERKIN ELMER 3100
21	Potasio ( $\text{K}^+$ )	Método de espectrofotometría de absorción atómica con un equipo PERKIN ELMER 3100
22	$\text{Mn}^{2+}$	Método de espectrofotometría de absorción atómica con un equipo PERKIN ELMER 3100
23	$\text{Fe}^{2+}$	Método de espectrofotometría de absorción atómica con un equipo PERKIN ELMER 3100
<b>No.</b>	<b>Indicadores microbiológicos</b>	
1	Coliformes fecales	Método de filtración en membrana (medio de lactosa enriquecida y una temperatura de incubación).
2	Coliformes totales	Método de los tubos múltiples de fermentación

Fuente Técnica "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater", (A.P.H.A-AWWA-WPCF, 1995).(Padilla 2012)

Cuadro 23. Coordenadas de los siete puntos de muestreo en la subcuenca del Río Quiscab

<b>No.</b>	<b>Lugar</b>	<b>X Latitud Norte</b>	<b>Y Longitud Oeste</b>
1	Río Chuiscalera	424535.04	1634107.67
2	Río Xibalbay	424879.45	1634299.00
3	Río Chuiscalera-chichimuch	421052.67	1633839.79
4	Río Novillero	417685.10	1636499.40
5	Río Argueta	421913.70	1638010.98
6	Río Barreneche	423367.87	1637475.23
7	Río Xibalbay-La Cuchilla	426754.58	1639388.63

Fuente: elaboración propia datos (Padilla, 2012)

Se hizo un registro de todas las muestras recogidas y se identificó cada envase con el nombre del responsable quien tomo la muestra, la hora y fecha, la ubicación, referencias, y otros datos de interés.

Las muestras fueron representativas en las condiciones que existieron en el sitio y la hora de muestreo y el volumen suficiente, para efectuar con él las determinaciones correspondientes en el laboratorio.

Los recipientes fueron proporcionados por el laboratorio, por lo que se estaba seguro que estaban esterilizados y adecuados para el muestreo de cada parámetro.

Material adecuado al parámetro de medición, por ejemplo: vidrio borosilicato, polietileno de alta densidad, teflón.

Todas las muestras fueron captadas, preservadas, transportadas y analizadas siguiendo el procedimiento del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina” de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, los cuales obedecen a los procedimientos descritos del “Standard methods for the examination of wastewater” de la A.P.H.A.W.E.F.21ST Norma COGUANOR NGO 4010. Sistema internacional de unidades (SI), Guatemala.

Para determinar las condiciones en que se encuentra el río, se analizaron una serie de parámetros de tipo físico-químico y biológico, después se compararon estos resultados con los valores LMA y LMP por la Comisión de Normas y Regulaciones de Guatemala (COGUANOR) para la calidad del agua y con los límites máximos permitidos por la Organización Mundial para la Salud (OMS) para fuentes de agua. Los resultados con que se compararon los análisis físico-químico y bacteriológico del año 2,008, fueron tomados de la tesis de doctorado Tomas Padilla Cambara para su análisis respectivo y comparación. (Padilla, 2012)



## 2.5 Resultados y discusión

### 2.5.1 Caracterización química en dos fechas de muestreo

Cuadro 24. Caracterización química en dos fechas de muestreo febrero 2008 enero 2012 de la subcuenca del Río .....Quiscab.

Puntos de muestreo	Fecha de muestreo	NH <sub>3</sub> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	Mn <sup>2+</sup> (mg/L)	F <sup>-</sup> (mg/L)	Fe <sup>2+</sup> (mg/L)	Alcal.Total (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	Na+ (mg/L)	K+ (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	pH
<b>Río Chuiscalera (1)</b>	Año 2,008	0,25	4,12	0,001	0,027	0,14	0,39	72	72	1	8,5	11,5	2,5	13,6	8,27	7,5
	Año 2,012	0,06	04,18	0,013	0,028	0,22	0,32	62	62	5	9,5	2,10	0,30	14,43	7,79	8.70
<b>Río Xíbalbay (2)</b>	Año 2,008	0,29	7,04	0,007	0,087	0,33	1,75	48	48	37	9	11,3	2,5	16,03	4,86	7,6
	Año 2,012	0,12	7,70	0,021	0,087	0,01	1,01	48	48	24	11,50	2,10	0,30	16,03	3,39	8.70
<b>Río Chuiscalera- chichimuch (3)</b>	Año 2,008	0,18	5,28	0,01	0,022	0,07	0,87	46	46	2	7,5	6,3	2	8,02	7,79	7,4
	Año 2,012	0,02	2,64	0,004	0,025	0,07	0,24	54	54	1	6	1.70	0,30	9,62	7,30	8.90
<b>Río Novillero (4)</b>	Año 2,008	0,22	3,74	0,01	0,041	0,17	0,41	64	58	1	8	9,9	2	11,2	5,35	7,6
	Año 2,012	0,03	3,96	0,022	0,020	0,10	0,32	60	60	1	9,5	2,00	0,30	8,82	8,28	8.90
<b>Río Argueta (5)</b>	Año 2,008	0,25	3,52	0,02	0,036	0,14	0,22	60	60	1	8,5	11,7	2,1	12	5,84	7,6
	Año 2,012	0,05	4,40	0,015	0,017	00,13	0,10	54	54	4	10,50	1,90	0,30	12,02	2,91	8.80
<b>Río Barreneche (6)</b>	Año 2,008	0,22	6,82	0,02	0,044	0,13	0,22	70	70	5	12	11,2	2,9	16	5,35	7,5
	Año 2,012	0,02	5,28	0,37	0,029	0,14	0,16	62	62	7	10	2,20	0,30	12,02	8,28	8.80
<b>Río Xíbalbay- La Cuchilla (7)</b>	Año 2,008	0,40	18,7	0,02	0,10	0,09	4,0	66	66	4	12,5	12,5	4,3	14,4	5,84	7,4
	Año 2,012	0,05	10,12	0,02	0,041	0,05	0,22	52	52	4	11	2,10	0,50	12,02	6,81	8.80
<b>Normas Coguanor</b>	<b>LMA</b>	Nr	Nr	Nr	0.050	nr	0.10	500	nr	200	200	10	10	75	50	7 - 8.5
	<b>LMP</b>	Nr	45	0.01	0.50	1.70	1.00	nr	500	400	600	100	100	200	150	6.5 - 9.2

Fuente: Elaboración propia con resultados del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria "Dra. Alba Tabarini Molina facultad de Ingeniería, USAC

### Calidad del agua en dos fechas de muestreo febrero 2008-enero 2012

Este aspecto según criterio de Umaña (2002) es muy importante en la caracterización de la subcuenca para cualquiera de sus usos y principalmente para el consumo humano. A modo de observación se señala que los indicadores coloreados de blanco, se encuentran por debajo del LMA (sin contaminación), los de amarillos se encuentran entre el LMA y el LMP y los coloreados de rojo por encima LMP.(Padilla, 2012)

De los indicadores químicos evaluados cuadro 24, las concentraciones de los iones nitratos, fluoruros, manganeso, cloruros, bicarbonatos, sulfatos, calcio, magnesio, sodio y potasio y la dureza son aptas para las aguas de consumo humano, en las dos fechas de muestreo; los valores de alcalinidad total, considerados también como aptos se deben fundamentalmente a la concentración de iones bicarbonatos, ya que no se encontró presencia de carbonatos en las muestras.

Los valores de pH registrados se encuentran en el rango de 7,4 a 8,90, lo que corrobora la ausencia de carbonatos ya que se ha demostrado que para valores de pH entre 5 y 11 unidades, los bicarbonatos son los iones predominantes excepto en los ríos Chuiscalera y Novillero, la concentración del ión nitrito se encuentra en el LMA o en el LMP prácticamente en todos los puntos, en los dos momentos de muestreo, lo que se asocia con grandes aplicaciones de fertilizantes nitrogenados en la zona, que en el proceso de oxidación-reducción pueden ser transformados; la actividad agrícola está dedicada fundamentalmente a las hortalizas, que a su vez, son lavadas en el cauce del río lo que trae consigo que por ese concepto, en el punto siete (Xibalbay-La Cuchilla), se detecte contaminación en las dos fechas muestreadas.

El contenido de hierro en los puntos dos y siete se encuentran en el LMP, principalmente en el año 2008. La alta presencia de hierro en el agua puede deberse a la presencia de arcillas, que en su estructura contengan ese elemento.

Una alta concentración de hierro puede provocar enfermedades ópticas, muy comunes en Latinoamérica en la actualidad.

En este aspecto la calidad de agua según criterio de (Umaña, 2002) es muy importante en la caracterización de la subcuenca para cualquiera de sus usos y principalmente para el consumo humano. A modo de observación se señala que los indicadores coloreados de blanco, se encuentran por debajo del LMA (sin contaminación), los de amarillos se encuentran entre el LMA y el LMP y los coloreados de rojo por encima LMP.

Como se puede observar en la tabla 16 los valores que dieron como resultado de las pruebas químicas de los puntos de muestreo demuestran que en el año 2,008 el río tuvo una mayor concentración en los iones presentes de nutrientes que en la actualidad, de los que se pueden mencionar nitratos y fosfatos, esto se debe a que en esa época no se contaba con las plantas de tratamiento de desechos líquidos en la subcuenca del Quiscab, la mayor parte de amas de casa lavaban ropa en las orillas del río con detergentes y jabones, lo que ahora es muy raro ver a las señoras lavar ropa en esas partes del río, en la actualidad existen las plantas de desechos líquidos en la colonia María Tecun, P.T.D.L Barrio San Antonio, laguna facultativa en aldea Argueta.

La presencia de nitratos generalmente indica contaminación agrícola, principalmente por la aplicación de fertilizantes orgánicos y los de mayor concentración los químicos. Sin embargo, en ninguno de los puntos muestreados, los niveles superaron el límite máximo permisible por las Normas COGUANOR o la (OMS). Esto demuestra que aunque hay actividad agrícola en la cuenca, no es significativa como fuente de contaminación con Nitrato, probablemente se deba a que la agricultura en su mayoría, no sea intensiva.

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

### 2.5.2 Caracterización físico-química y bacteriológica

Cuadro 25. Caracterización físico-química y bacteriológica de la subcuenca del Río Quiscab

No.	FECHA DE MUESTREO	PUNTO	CARACTERÍSTICAS		
			FÍSICAS	QUÍMICAS	BACTERIOLÓGICAS
1	Año 2,008	Río Chuiscalera	Aspecto turbio (rechazable), olor a tierra (rechazable).	Desde el punto de vista de la calidad química cumple con las normas internacionales para fuentes de agua de la OMS	Bacteriológicamente se enmarca en la <b>clasificación II</b> , métodos de tratamiento (coagulación, filtración desinfección) según normas internacionales para fuentes de agua de la OMS
	Año 2,012	(1)	Aspecto ligeramente turbia, (rechazable), inodora	Desde el punto de vista de la calidad química cumple con las normas internacionales para fuentes de agua de la OMS	Bacteriológicamente se enmarca en la <b>clasificación II</b> , métodos de tratamiento (coagulación, filtración desinfección) según normas internacionales para fuentes de agua de la OMS
2	Año 2,008	Río Xibalbay	Aspecto turbio (rechazable), olor a tierra (rechazable).	Desde el punto de vista de la calidad química cumple con las normas internacionales para fuentes de agua de la OMS	Bacteriológicamente se enmarca en la <b>clasificación II</b> , métodos de tratamiento (coagulación, filtración desinfección) según normas internacionales para fuentes de agua de la OMS
	Año 2,012	(2)	Aspecto turbia (rechazable), inodora		Bacteriológicamente se enmarca en la <b>clasificación II</b> , métodos de tratamiento (coagulación, filtración desinfección) según

					normas internacionales para fuentes de agua de la OMS
3	Año 2,008	<b>Río Chuiscalera-chichimuch</b>  <b>(3)</b>	Aspecto ligeramente turbio (rechazable),  olor a tierra (rechazable)	Desde el punto de vista de la calidad química cumple con las normas internacionales para fuentes de agua de la OMS	Bacteriológicamente se enmarca en la <b>clasificación II</b> , métodos de tratamiento (coagulación, filtración desinfección) según normas internacionales para fuentes de agua de la OMS
	Año 2,012		Aspecto clara (no rechazable) inodora	Desde el punto de vista de la calidad química cumple con las normas internacionales para fuentes de agua de la OMS	Bacteriológicamente se enmarca en la clasificación II, métodos de tratamiento (coagulación, filtración desinfección) según normas internacionales para fuentes de agua de la OMS
4	Año 2,008	<b>Río Novillero</b>  <b>(4)</b>	Aspecto ligeramente turbio (rechazable), olor a tierra (Rechazable)	Desde el punto de vista de la calidad química cumple con las normas internacionales para fuentes de agua de la OMS	Bacteriológicamente se enmarca en la <b>clasificación II</b> , métodos de tratamiento (coagulación, filtración desinfección) según normas internacionales para fuentes de agua de la OMS
	Año 2,012		Aspecto clara (no rechazable) inodora, conductividad	Desde el punto de vista de la calidad química cumple con las normas internacionales para fuentes de agua de la OMS	Bacteriológicamente se enmarca en la <b>clasificación II</b> , métodos de tratamiento (coagulación, filtración desinfección) según normas internacionales para fuentes de agua de la OMS
5	Año 2,008	<b>Río Argueta</b>  <b>(5)</b>	Cumple con las Normas	Desde el punto de vista de la calidad química cumple con las normas internacionales para fuentes de agua de la OMS	Bacteriológicamente se enmarca en la <b>clasificación II</b> , métodos de tratamiento (coagulación, filtración desinfección) según normas internacionales para fuentes de agua de la OMS
	Año 2,012		Aspecto clara (no rechazable) inodora	Desde el punto de vista de la calidad química cumple con las	Bacteriológicamente se enmarca en la <b>clasificación II</b> , métodos de tratamiento

				normas internacionales para fuentes de agua de la OMS	(coagulación, filtración desinfección) según normas internacionales para fuentes de agua de la OMS
6	Año 2,008	<b>Río Barreneche (6)</b>	Aspecto ligeramente turbio (rechazable), olor a tierra (Rechazable).	Desde el punto de vista de la calidad química cumple con las normas internacionales para fuentes de agua de la OMS	Bacteriológicamente se enmarca en la <b>clasificación II</b> , métodos de tratamiento (coagulación, filtración desinfección) según normas internacionales para fuentes de agua de la OMS
	Año 2,012		Aspecto clara (no rechazable) inodora	Desde el punto de vista de la calidad química cumple con las normas internacionales para fuentes de agua de la OMS	Bacteriológicamente se enmarca en la <b>clasificación II</b> , métodos de tratamiento (coagulación, filtración desinfección) según normas internacionales para fuentes de agua de la OMS
7	Año 2,008	<b>Río Xibalbay-La Cuchilla (7)</b>	Cumple con las Normas	Desde el punto de vista de la calidad química cumple con las normas internacionales para fuentes de agua de la OMS	Bacteriológicamente se enmarca en la <b>clasificación II</b> , métodos de tratamiento (coagulación, filtración desinfección) según normas internacionales para fuentes de agua de la OMS
	Año 2,012		Aspecto ligeramente turbia (rechazable), inodora	Desde el punto de vista de la calidad química cumple con las normas internacionales para fuentes de agua de la OMS	Bacteriológicamente se enmarca en la <b>clasificación II</b> , métodos de tratamiento (coagulación, filtración desinfección) según normas internacionales para fuentes de agua de la OMS

Fuente: Elaboración propia con resultados del Laboratorio unificado de Química y Microbiología Sanitaria "Dra. Alba Tabarini Molina facultad de Ingeniería, USAC

En el cuadro 25 se presentan los resultados físico-químico y bacteriológico de la subcuenca del Río Quiscab, se puede observar que los cambios que se han venido dando desde el año 2,008 al 2,012 no han sido significativos, bacteriológicamente en los siete puntos de muestreo la clasificación bacteriológica se ha mantenido en el nivel II, se deduce que el agua no es apta para el consumo humano, previo a su utilización es necesario aplicar métodos habituales de tratamiento como coagulación, la sedimentación, filtración y desinfección, establecidos por las normas internacionales.

Los resultados apuntan hacia una gran problemática ambiental, social y económica dada por la contaminación física y bacteriológica de las aguas de la subcuenca del río Quiscab, cuyas posibles causas pueden ser: las aguas residuales provenientes de la actividad humana, la aplicación de fertilizantes químicos y las descargas de desechos sólidos (basura), todas ellas provocadas por la falta de responsabilidad del ser humano.

Si se aspira a enfrentar y detener la destrucción del medio ambiente y con ello la del planeta se requiere, ante todo, la participación activa de la sociedad y un cambio de actitud de la especie humana.

Desde el punto de vista físico en las dos fechas de muestreo de los siete puntos de muestreo, todos los puntos han sido iguales, en turbidez como en olor, por lo que son rechazables para el consumo.

### 2.5.3 Caracterización física dos fechas de muestreo

Cuadro 26. Caracterización física en dos fechas de muestreo de la subcuenca del Río Quiscab

Punto de muestreo	Fecha de muestreo	Aspecto	Color (U)	Olor	Turbiedad (UNT)	Temp. (°C)	CE µmhos/cm	Sólidos totales (mg/L)
Río Chuiscalera (1)	Año 2,008	Lig. turbia	22	Inodora	9,17	11,1	137	91
	Año 2,012	Lig. turbia	12,00	Inodora	7,49	-----	126,60	87,00
Río Xibalbay (2)	Año 2,008	Turbia	42	Inodora	19	10,5	182	140
	Año 2,012	Turbia	12,00	Inodora	7,49	-----	155,10	128,00
Río Chuiscalera-Chichimuch (3)	Año 2,008	Clara	11	Inodora	5,6	11,4	102	69
	Año 2,012	Clara	07,00	Inodora	2,44	-----	96,70	87,00
Río Novillero (4)	Año 2,008	Clara	14	Inodora	4,3	11,7	123	77
	Año 2,012	Clara	9,00	Inodora	2,98	-----	119,00	104,00
Río Argueta (5)	Año 2,008	Clara	10	Inodoro	2,1	12,6	124	73
	Año 2,012	Clara	5,00	Inodora	0,95	-----	119,00	68,00
Río Barreneche (6)	Año 2,008	Clara	13	Inodoro	6,7	13,6	158	98
	Año 2,012	Clara	06,00	Inodora	02,08	-----	138,30	98,00
Río Xibalbay-La cuchilla (7)	Año 2,008	Turbia	210	A tierra	187	13,5	135	177
	Año 2,012	Lige. turbia	10,00	Inodora	8,71	-----	136,00	145,00
Normas COGUANOR	LMA	No rechazable	5	No rechazable	5	15 -25	--	500
	LMP	No rechazable	50	No rechazable	25	34	<1500	1000

Fuente: Elaboración propia con resultados del Laboratorio unificado de Química y Microbiología Sanitaria "Dra. Alba Tabarini Molina facultad de Ingeniería, USAC

U=Unidades de color en escala de platino-cobalto

UNT= Unidades nefelométricas de turbiedad



En el cuadro 26 se muestra el valor de los indicadores físicos en las dos fechas de muestro. Según estos, el agua presenta un aspecto turbio o ligeramente turbio, y por tanto rechazable para el consumo humano en los puntos uno, dos y siete el agua se rechaza para consumo humano.

En los puntos restantes tres, cuatro, cinco y seis la situación es diferente en el aspecto, ya que este es claro en las dos épocas de muestreo. Existe correspondencia entre el aspecto del agua y la medición de la turbidez en los puntos muestreados, encontrándose los valores mayores donde el agua se clasifica como turbia.

Los valores altos de turbidez son una consecuencia del volumen y velocidad de las corrientes de agua que arrastran sedimentos y partículas en suspensión, en especial en la época de lluvia

Para el olor y el color las muestras de los puntos del uno al seis son aceptables en ambas fechas, mientras que la proveniente del punto siete presentan contaminación; los valores correspondientes al olor, en el punto siete se consideran al agua no apta para consumo.

El volumen de la lámina de agua que fluye en el río, así como la velocidad de la corriente influyen en que el color en la fuente de agua se incremente, debido al material en suspensión que es transportado, de manera que los resultados encontrados por ser en época seca el arrastre y transporte de sedimentos, por procesos erosivos en áreas de cultivo o bien al erosionarse los taludes de los cauces de los ríos es bajo.

La temperatura del agua oscila entre los 11 y 13°C en época seca según Bogomolov, citado por (Custodio y Llamas 2001), es moderadamente fría encontrándose todas las muestras en el LMA; debe señalarse que la temperatura media del agua tiene una estrecha relación con la temperatura media anual ambiental de la subcuenca, cuyo valor es de 14,6 °C. Los valores de la conductividad eléctrica (CE) se consideran todos aptos, ya que se encuentran por debajo del LMA (sin contaminación)

### 2.5.4 Caracterización microbiológica

Cuadro 27. Caracterización microbiológica en dos fechas de muestreo de la subcuenca del Río Quiscab

Puntos de muestreo	Año 2,008		Año 2,012	
	Coliformes fecales	Coliformes totales	Coliformes fecales	Coliformes totales
Río Chuiscalera	1500	1600	>16000	> 1600
Río Xibalbay	201	229	>16000	>1600
Río Chuiscalera-Chichimuch	32	349	>16000	>1600
Río Novillero	90	275	>16000	>1600
Río Argueta	15	34	>16000	>1600
Río Barreneche	27	170	>16000	>1600
Río Xibalbay-La cuchilla	50	110	>16000	>1600
Normas COGUANOR	LMA	0	0	0
	LMP	< 2	< 2	< 2

Fuente: Elaboración propia con resultados del Laboratorio unificado de Química y Microbiología Sanitaria "Dra. Alba Tabarini Molina facultad de Ingeniería, USAC

De acuerdo a los resultados del análisis microbiológico, las muestras de agua de los siete puntos de muestreo, no cumplen con la norma COGUANOR 29001.98 para agua potable. Esta información evidencia las condiciones higiénicas críticas en que viven las comunidades asentadas en la subcuenca del Río Quiscab y apunta hacia la necesidad de instrumentar acciones que mejoren la protección y limpieza de los ríos, donde no puede faltar un estricto control de la calidad bacteriológica, dirigido a determinar la presencia de bacterias patógenas perjudiciales para el ser humano, con potencialidades a provocar serios daños a la salud

## 2.5.5 Evaluación de los indicadores que caracterizan la calidad del agua con fines de riego agrícola

Cuadro 28. Evaluación de los indicadores que caracterizan la calidad del agua con fines de riego agrícola, en dos épocas de muestreo

Indicador	Río Chuiscalera (1)		Río Xbalbay (2)		Río Chuiscalera-CH (3)		Río Novillero (4)		Río Argueta (5)		Río .Barreneche (6)		Río Xibalbay-La Cuchilla (7)	
	2008	2012	2008	2012	2008	2012	2008	2012	2008	2012	2008	2012	2008	2012
CE (µmhos/cm)	122	126.6	130	155.10	88	96.7	108	119	90	116	117	138.3	136	135
RAS	0,47	0,62	0,45	0,48	0,38	0,54	0,73	0,56	0,33	0,42	0,52	0,62	0,55	0,52
Tipo de agua	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1
SDT (mg/L)	957	87	474	128	117	87	1977	104	108	68	106	98	406	145
Dureza (mg/L)	52	68	50	54	52	54	62	56	64	42	44	64	52	58

Por sus valores de dureza las aguas de la subcuenca se consideran aguas suaves o blandas.

Otro indicador utilizado para determinar la calidad de un agua para riego se relaciona con los sólidos disueltos totales (SDT) ya que la salinidad indica la cantidad total de sales disueltas, pero no el tipo. Según el USDA < 500 mg/L el riesgo de salinidad es bajo, de 500 a 1000 mg/L es media y de 1000 a 2000 mg/L es alta. Al utilizar esta clasificación el punto del río Chuiscalera presenta un riesgo de salinidad medio y el del Novillero alto, ambos en época seca, en el año 2008 relacionado estrechamente con los valores de turbidez. El resto de los puntos se encuentran en la categoría baja.

En la metodología utilizada no se toman en cuenta los indicadores microbiológicos, es recomendable que sean analizados sobre todo para el riego de cultivos que son consumido sin cocción, como las hortalizas. En las áreas de la subcuenca la contaminación bacteriológica del agua es grande y puede afectar directamente a esos cultivos para su consumo directo. Los niveles de Coliformes fecales encontrados estuvieron relacionados con el vertido de aguas residuales, con la deposición de excretas humanas y con actividades pecuarias de pequeña escala en el área, como fuentes principales de contaminación ya estudiadas.

## 2.6 Conclusiones y recomendaciones

En base a los resultados obtenidos refleja las condiciones higiénicas críticas en que viven las comunidades asentadas en la subcuenca del Río Quiscab y apunta hacia la necesidad de instrumentar acciones que mejoren la protección y limpieza de los ríos, donde no puede faltar un estricto control de la calidad bacteriológica, dirigido a determinar la presencia de bacterias patógenas perjudiciales para el ser humano, con potencialidades para provocar serios daños a la salud.

Las fuentes de agua son recomendables para ser utilizadas para riego en la agricultura, una vez los productos cosechados que se consuman frescos, sean muy bien lavados, desinfectados y preferiblemente que sean consumidos cocinados. Los niveles de coliformes fecales encontrados están relacionados con el vertido de aguas residuales, con la deposición de excretas humanas y con actividades pecuarias de pequeña escala en el área, como fuentes principales de contaminación.

El agua superficial de la subcuenca se considera no es apta para el consumo humano. Se clasifican como tipo II por lo que previo a su utilización precisan de la aplicación de métodos habituales de tratamiento como la coagulación, la sedimentación, filtración y desinfección, establecidos por las normas internacionales de control de la calidad del agua.

Los resultados apuntan hacia una gran problemática ambiental, social y económica dada por la contaminación de las aguas de la subcuenca del Río Quiscab, por el desarrollo de actividades de carácter antropogénico.

## **Recomendaciones**

Que la autoridad rectora en materia ambiental en este caso la AMSCLAE, coordine las acciones, a efecto de que las autoridades municipales que comprenden la subcuenca del Río Quiscab planteen un proyecto mancomunado de rescate del Río, proponiéndose dar el tratamiento adecuado a los servicios de aguas servidas y desechos sólidos, con participación de toda la población logrando así la conservación del agua.

Construir un centro de acopio donde lleguen todos los agricultores con sus productos y que las instalaciones sean apropiadas para el lavado de sus hortalizas, con agua tratada previamente y que los residuos sean manejados adecuadamente en plantas de tratamiento de desechos líquidos.

Promover una extensa campaña de educación ambiental a todo nivel en los municipios involucrados, con el fin de crear conciencia sobre la necesidad de no contaminar las aguas del Río, y colocar rótulos de advertencia en los lugares de acceso para evitar que sigan vertiendo basura y así evitar la contaminación.

Monitorear constantemente la calidad del agua en los mismos puntos de muestreo para diagnosticar y poder predecir el comportamiento del afluente, creando así una base de datos y llevar un control más estricto.

## 2.7 Bibliografía

8. Álvarez, JPA; Panta, JER; Ayala, CR; Acosta, EH. 2008. Calidad integral del agua superficial en la cuenca hidrológica del río Amajac. Información Tecnológica 19(6):21-32. Consultado 10 de oct 2012. Disponible en <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=zb&AN=37791600&lang=es&site=ehost-live>
9. Benez, MC; Michel, EFK; Álvarez Gorillo, GdC. 2010. Percepciones ambientales de la calidad del agua superficial en la microcuenca del Río Fogótico, Chiapas, México. 22(43):129-158. Consultado 10 nov 2012. Disponible en <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=zbh&AN=50883513&lang=es&site=ehost-live>
10. COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas, GT). 2003. Normas de calidad de agua potable: norma NGO 20 001: agua potable. Guatemala. 45 p.
11. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2007. Plan maestro de la reserva de uso múltiple cuenca del lago de Atitlán, un modelo de conservación y desarrollo sostenible: 2007-2011. Guatemala. 32 p.
12. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
13. Fuentes, JC. 2005. Determinación de principales áreas de recarga hídrica natural y de la calidad del agua en la microcuenca del río Cotón, Baja Verapaz. Tesis MSc. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 40-56p.
14. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1973a. Mapa topográfico de república de Guatemala; hoja Sololá, no. 1960-III. Guatemala. Esc. 1:50 000. Color.
15. \_\_\_\_\_. 1973b. Mapa topográfico de república de Guatemala: hoja Totonicapán, no. 1961-III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
16. \_\_\_\_\_. 1982. Mapa topográfico de república de Guatemala; hoja Chichicastenango, no. 1960-I. Guatemala. Esc. 1:50 000. Color.
17. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. Censos nacionales XI de población y VI de habitación. Guatemala. 25p.

18. \_\_\_\_\_. 2003. Censo nacional agropecuario: número de fincas censales, existencia animal, producción pecuaria y características complementarias de la finca censal y del productor agropecuario. Guatemala. tomo 4, 56 p.
19. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2011. Estación meteorológica El Tablón, Sololá, Guatemala. Guatemala. 20 p.
20. Municipalidad de Nahualá, GT. 2006. Agenda de desarrollo municipal. Nahualá, Sololá, Guatemala. 90 p.
21. Municipalidad de San José Chacayá, GT. 2010. Plan de desarrollo integral del municipal. San José Chacayá, Sololá, Guatemala. 60 p.
22. Municipalidad de Santa Lucia Uatlán, GT. 2012. Plan de desarrollo integral municipal. Santa Lucia Uatlán, Sololá, Guatemala. 75 p.
23. Municipalidad de Sololá, GT. 2010. Plan de desarrollo integral municipal. Sololá, Sololá, Guatemala. 180 p.
24. Padilla, TA. 2012. Estrategía para mejorar la calidad del agua superficial en la subcuenca del río Quiscab, en el departamento de Sololá, Guatemala. Tesis PhD. Cuba, Universidad de Ciego de Ávila, Facultad de Ingeniería, Centro de Estudios Hidrotécnicos. 94 p.
25. PNUD, GT. 2002. Agenda para el desarrollo humano. Guatemala. 80 p.
26. Samboni, NE; Reyes T,A; Carvajal E, Y. 2011. Aplicación de los indicadores de la calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta. Ingeniería y competitividad 13(2):49-60. Consultado 14 ene 2013. Disponible en <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=abh&AN=74995605&lang=es&site=ehost-live>
27. Romero, M. 2009. Valoración económica del lago de Atitlán, Sololá. Tesis MSc. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 95 p.
28. Umaña Gómez, E. 2002. Educación ambiental con enfoque en manejo cuencas y prevención de desastres, módulo: manejo de cuencas hidrográficas y protección de fuentes de agua (en línea). San Nicolás, Estelí, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, Departamento de Manejo Cuencas y Gestión Ambiental. 27 p.
29. UPIE (MAGA, Unidad de Políticas e Información Estratégica, GT). 2000. Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de

Guatemala, a escala 1:250,000 -memoria técnica-. Guatemala, UPIE-MAGA / Programa de Emergencia por Desastres Naturales / MAGA / BID. 44 p.

30. \_\_\_\_\_. 2011. Mapa Fisiográfico-Geomorfológico de la República de Guatemala, a escala 1:250,000 –memoria técnica-. Guatemala, UPIE-MAGA/ Programa de Emergencia por Desastres Naturales / MAGA / BID. 15 p.
31. Velásquez Godínez, JM. 2011. Recopilación de estadísticas vitales en los Centros de Salud de la cuenca Quiscab, Guatemala. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. (Tabla Excell).
32. Xicay, RM. 2011. Análisis del impacto del cambio de uso de la tierra en el comportamiento del ciclo hidrológico de la subcuenca del río Quiscab, Sololá, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 32 p.



**3 CAPITULO III  
SERVICIOS REALIZADOS**

### 3.1 Presentación

Los servicios públicos municipales son todas aquellas actividades que realiza la municipalidad de manera uniforme y continua, para satisfacer las necesidades básicas de los habitantes. Son ejemplos de servicios públicos: Agua potable, alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial, mercados, panteones, rastros, calles, parques y transportes, entre algunos. Los servicios públicos juegan un papel muy importante dentro de las funciones que desempeña la municipalidad, ya que a través de ellos se refleja la buena marcha de la administración y se responde a las demandas planteadas por la comunidad para mejorar sus condiciones de vida.

La prestación de los servicios públicos son una muestra definitiva para elevar el nivel de vida de los habitantes, esto significa que en la medida que se incrementen los servicios se mejorarán las condiciones materiales de desarrollo de los habitantes.

Actualmente en Guatemala el 85% de las plantas de tratamiento de agua residual no funcionan debido al mantenimiento, es fundamental esta parte en una planta de tratamiento de agua residual ya que ello garantiza su depuración de aguas residuales domésticas de los residenciales y también disminuirá el impacto negativo de estas aguas al medio ambiente.

Adicionalmente la sobrepoblación que existe en algunos proyectos perjudica los procesos de degradación, es decir que diseñan y construyen una planta de tratamiento de aguas residuales para una capacidad actual y futura de viviendas, pero se sobrepasa al poco tiempo por el impacto de crecimiento de viviendas, donde la capacidad de caudal para la depuración de la planta de tratamiento ha sobrepasado, ya que no depurará el 100% del caudal de las aguas residuales domiciliarias.

La Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE), es el ente Rector del Sistema de Monitoreo Acuático en la cuenca del lago de Atitlán y es el encargado de liderar la síntesis de todos los análisis generados, así como de todos los estudios, ya sea de investigación científica o de otra índole que se efectúe en la cuenca.

Según el decreto 133-96 del congreso de la república, AMSCLAE queda facultada para planificar, coordinar y ejecutar en coordinación con las instituciones que corresponda, todos los trabajos que permitan conservar, preservar y resguardar los ecosistemas de la cuenca del lago de Atitlán, generando los mecanismos necesarios para lograr sus objetivos.

Como uno de los más importantes instrumentos de apoyo técnico para el Departamento de Investigación Monitoreo y Seguimiento Ambiental, de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago Atitlán y su Entorno –AMSCLAE- se implementó el Laboratorio de Análisis de Aguas, con el propósito fundamental de conocer la calidad del agua del Lago de Atitlán, y de las corrientes de agua que a Él llegan a desembocar, definir sus usos y establecer proyectos de saneamiento y control de vertimientos líquidos, además de proporcionar el apoyo técnico requerido en las diferentes programas de la autoridad.

En el Laboratorio se realizan actividades que permiten que los resultados de un programa de muestreo y medición sean confiables, donde se presta atención a las técnicas de muestreo y preservación, calibración, operación de equipos e instrumentos, material de vidrio, calidad de los reactivos y productos químicos, manejo de datos, entrega de información oportuna y requerimientos del personal del laboratorio.

## **3.2 CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE DESECHOS LÍQUIDOS UBICADAS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO QUISCAB, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.**

### **3.2.1 Objetivos**

#### **3.2.1.1 General**

- Caracterizar y evaluar las plantas de tratamiento de desechos líquidos, que están ubicadas en la subcuenca del Río Quiscab, que son descargadas al Lago de Atitlán.

#### **3.2.1.2 Especifico**

- Determinar los caudales mínimos, medios y máximos de un período de veinticuatro horas en cada Planta de Tratamiento de desechos líquidos.

### **3.2.2 Metodología**

#### **3.2.2.1 Medición de caudales**

Esta se efectuó utilizando el método de Velocidad/superficie el cual depende de la medición de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal, calculándose a partir de la fórmula:

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = A \text{ (m}^2\text{)} \times V \text{ (m/s)}$$

Las corrientes menores se reportan en litros por segundo (l/s). Una determinación más exacta de la velocidad se puede obtener utilizando un molinete. En el molinete de tipo HÉLICE que fue empleado para la medición de velocidades en la cual, la velocidad de rotación es proporcional a la velocidad de la corriente en un tiempo dado que es proporcionado por un contador digital. La medición de caudales se realizó tomando medidas cada hora en un periodo de 24 horas seguidas sin interrupción. En la laguna facultativa de la Aldea El novillero no fue posible realizar la medición de los caudales ya que fue imposible, solo se hizo una evaluación para conocer el funcionamiento y conocer las fallas con las que cuenta.

El caudal que se obtenía con el molinete de hélice eléctrico se comparaba con los caudales en el sistema SUTRO que está fijo en los canales que son los que les sirven a los operadores para conocer el caudal que entra a la Planta de Tratamiento.

El cálculo del área se hizo a través de un procedimiento sencillo en función de la forma geométrica de la sección transversal del canal.

Dicha área ( $m^2$ ) multiplicada por la velocidad en (m/seg) da como resultado el volumen líquido que pasa por una sección de una corriente de agua en una unidad de tiempo o sea el caudal.

### **3.2.2.2 Equipo de campo requerido**

- ❖ 1 GPS
- ❖ 1 Molinete de tipo Hélice
- ❖ 1 Estadal (calibrado)
- ❖ 1 Regla graduada
- ❖ 1 Cinta Métrica
- ❖ 1 Lámpara recargable
- ❖ 1 Tablero
- ❖ 1 Hoja de Datos
- ❖ 1 Lápiz
- ❖ 1 Computadora portátil
- ❖ 1 Calculadora
- ❖ 1 Paquete de guantes de látex, 1 piceta con agua desmineralizada

### **3.2.3 Resultados**

#### **3.2.3.1 Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en la aldea San Jorge la Laguna**

El proyecto de la planta de tratamiento de la comunidad de San Jorge La Laguna, surge de la necesidad de mitigar los impactos que las aguas residuales están causando en la calidad de las aguas superficiales de la cuenca del Lago de Atitlán. Dichas aguas son vertidas directamente y sin ningún tratamiento a la cuenca, por lo que la comunidad de San Jorge La Laguna, junto con la Asociación del Manejo de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE), el apoyo de la Municipalidad y el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), han buscado la manera de mitigar los impactos causados por las aguas residuales generadas por dicha comunidad.

### **3.2.3.2 Planta de tratamiento de desechos líquidos San Bartolo**

#### **3.2.3.3 Pretratamiento**

##### **Rejas**

El agua residual proveniente de la comunidad llega a la instalación de la planta de tratamiento, primero llega al canal de rejas, donde es retenido todo el material flotante que conduce, tales como: Papel, pelos, ratas, lombrices y plásticos.

##### **Desarenador**

El término arena, en agua residual, incluye material mineral con densidades altas del orden de 1.5 a 3mm, compuesto normalmente por constituyentes granulares como arena, vidrio, cascarones, en las tuberías, por lo que su remoción es necesaria.

#### **3.2.3.4 Tratamiento**

##### **Reactores UASB**

El UASB (Manto de lodos anaeróbicos de flujo ascendente) es un tanque llenado con lodo anaeróbico el cual tiene buenas propiedades de sedimentación. La fuente del agua residual "influyente" es alimentada dentro del fondo del tanque donde se pone en contacto con el lodo (Contacto lodo-agua residual). La degradación anaeróbica de los sustratos orgánicos ocurre en el lecho del lodo, donde se produce el biogás.

El flujo combinado del agua residual y el biogás, puede expandir algunos de los sólidos del lodo a la parte superior del reactor. Un separador de tres fases está situado en la parte superior del reactor para separar el biogás, agua y lodo.

El biogás es captado bajo una campana y conducido hacia la superficie del reactor. Algunos de los sólidos son arrastrados con el agua, hacia el sedimentador, situado encima de la campana de gas donde los sólidos sedimentan, y retornan al manto de lodos. El agua residual tratada "efluente" cae dentro de un canal situado en la parte superior del reactor, donde es descargado.

El propósito del tratamiento anaeróbico es eliminar los componentes de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) del agua residual. El evento más importante durante la degradación anaeróbica, que contribuye al efecto del tratamiento es la conversión de la DQO del agua residual a gas metano, el cual escapa del agua residual.

### **3.2.3.5 Caudales de la planta de tratamiento de desechos líquidos, San Bartolo.**

Los caudales picos de la Planta de Tratamiento de desechos líquidos San Bartolo, los cuales se dan en tres momentos, en horario de la mañana entre 6:30 a 9:30; a medio día entre 12:30 a 13:30; y en la tarde-noche entre las 17:30 y 19:30. Estos valores reflejan el consumo diario de los habitantes del Barrio San Bartolo, por estar ubicada en un lugar urbano los habitantes consumen más agua para su aseo personal en horas de la mañana y en horarios de tarde noche cuando regresan de sus labores. Se tiene un caudal medio de 6.77 litros/segundo. En un período de 24 horas.

### **3.2.3.6 Ubicación Planta Aldea El Novillero**

Sistema actual de disposición de desechos líquidos (agua residual). El sistema de tratamiento consta de los siguientes elementos: a) un pretratamiento; canal de rejillas y desarenador y b) sistema de tratamiento; tres fosas sépticas y una laguna facultativa.

#### **Tratamiento**

##### **Fosas sépticas**

Es un sistema (tres unidades) que recibe las aguas residuales de la comunidad el Novillero, los cuales son sometidos a un proceso de descomposición natural, separando el líquido y los sólidos en un proceso de sedimentación, degradando el flujo y los sólidos en un proceso anaeróbico. Esta unidad tiene la función de sedimentador y digestión de lodos. El área de sedimentación y de digestión de lodos se encuentra en la parte inferior, lo cual se debe de retirar los lodos almacenados en las tres unidades de las fosas sépticas ya sea en forma manual o a través de un sistema de bombeo.

### **3.2.3.7 Laguna facultativa**

Las lagunas facultativas son aquellas que poseen una zona aerobia y una zona anaerobia, situadas respectivamente en superficie y fondo. Por tanto, en estas lagunas se puede encontrar cualquier tipo de microorganismo, desde anaerobios estrictos en el fango del fondo hasta aerobios estrictos en la zona inmediatamente adyacente a la superficie.

Sin embargo, los seres vivos más adaptados al medio serán los microorganismos facultativos, que pueden sobrevivir en las condiciones cambiantes de oxígeno disuelto típicas de estas lagunas a lo largo del día y del año.

Además de las bacterias y protozoos, en las lagunas facultativas es esencial la presencia de algas, que son las principales suministradoras de oxígeno disuelto. A diferencia de lo que ocurre con las lagunas anaerobias, el objetivo perseguido en las lagunas facultativas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de la materia orgánica, y una reducción en el contenido en nutrientes y bacterias coliformes.

### **3.2.3.8 Planta de tratamiento de desechos líquidos María Tecun**

Los diferentes caudales en distintos horarios de la planta de tratamiento de desechos líquidos de la Colonia María Tecún, donde los picos con mayor caudal se encuentran en los horarios de las dos de la tarde, las siete de la mañana donde las personas utilizan el agua para el aseo personal, los horarios de las nueve y diez de la mañana aumenta el caudal esto se da por el consumo de agua de las amas de casa que hacen el oficio doméstico, como el lavado de ropa de utensilios de cocina y otras actividades domésticas, los horarios con menos caudal es de las diez de la noche a las cinco de la mañana.

### **3.2.3.9 Planta de tratamiento de desechos líquidos San Antonio**

Los picos más altos de la Planta de Tratamiento de San Antonio se dan en tres momentos, en horario de la mañana entre 7:00 y 8:00; a medio día entre 11:00 y 12:00; y en la tarde-noche entre las 17:00 y 19:00 horas.

Estos valores reflejan el consumo diario de los habitantes del Barrio San Antonio, por estar ubicada en un lugar urbano los habitantes consumen más agua para su aseo personal en horas de la mañana y en horarios de tarde noche cuando regresan de sus labores.



Se tiene un caudal medio de 4.46 l/seg. En un período de 24 horas. Para ambas plantas de tratamiento de desechos líquidos, San Bartolo y San Antonio, se tiene un coeficiente de correlación de 0,95 y 0,93 respectivamente en la que vemos una correlación aceptable entre las dos variables (Molinte-SUTRO)

### **3.2.4 Conclusiones y recomendaciones**

La medición de caudales en determinados horarios del día son variables debido a la acumulación de desechos en algunas rejillas especialmente restos de aves (vísceras de pollos) para comercio.

Los datos de SUTRO, en cuanto a los valores decimales con que cuenta la tabla del mismo, se tomaron con poca o nula precisión y esto provoca un cierto grado de error en la toma de muestra de caudales en dicho sistema, para la toma de datos, se asumieron valores decimales respecto al rango de valores donde se ubicaban en dicho momento. Los caudales determinados por método del molinete resulta más preciso, ya que calcula un valor exacto con su respectiva conversión a litros/segundo.

Los desechos que llegan a las plantas de tratamiento son superiores a los que deberían recibir dichas estructuras.

Las lecturas de caudales en la Planta de Tratamiento San Antonio, en horarios nocturnos tienden a ser dificultosas debido a la falta de energía eléctrica en toda la planta.

### **3.3 MONITOREO MENSUAL Y ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA, EN EL LABORATORIO DE AGUAS DE LA –AMSCLAE- EN SIETE PUNTOS DE MUESTREO ESTABLECIDOS EN EL LAGO DE ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

#### **3.3.1 Objetivos**

#### **3.3.2 General**

- Analizar las muestras de agua obtenidas en los monitoreos mensuales del Lago de Atitlán, en el laboratorio de aguas de la Autoridad para el Manejo Sustentable del Lago de Atitlán y su Entorno –AMSCLAE-

#### **3.3.3 Específicos**

- Realizar los análisis bacteriológicos (microbiológicos) de agua con los reactivos y equipo adecuado de laboratorio.
- Toma de muestras en los siete puntos de muestreo, para análisis físico químico

#### **3.3.4 Metodología**

##### **3.3.4.1 Metodología para análisis microbiológico**

##### **3.3.4.2 Muestras para análisis microbiológico**

Deberán colectarse en envases de vidrio o plástico previamente esterilizados con vapor de agua a una presión de 15 PSI por espacio de 20 minutos. Las muestras deberán ser transportadas en cadena de frío a 4°C, por lo que es indispensable su transporte inmediato en hielera con suficiente hielo. No podrán ser almacenadas para su posterior análisis por más de 24 hrs.

#### **Interpretación**

El recuento con las Placas 3M™ Petrifilm™ Aqua para recuento de heterotróficos puede realizarse con un contador estándar de colonias u otro iluminador magnificante, en este caso se hace con un estereoscopio.

### 3.3.4.3 Metodología para análisis químico

#### 3.3.4.4 Detección de fosfatos

- Debe identificarse cada uno de los tubos de ensayo, cada tubo será para cada una de las muestras para respectivo análisis.
- Se añaden 5 gotas del reactivo  $\text{PO}_4\text{-1}$ , luego se tapa y se mezcla. Debe mantenerse el frasco del reactivo verticalmente hacia abajo durante la adición del mismo.
- Añadir 1 microcuchara azul rasa (en la tapa del frasco) del reactivo  $\text{PO}_4\text{-2}$ . Añadir, tapar y agitar vigorosamente hasta que el reactivo se haya disuelto completamente.
- Se deja en reposo 5 minutos (tiempo de reacción), luego introducir cuidadosamente la muestra en una cubeta rectangular de 50mm.
- Se introduce la cubeta rectangular de 50mm ya con la muestra en la ranura rectangular. “las cubetas rectangulares se toman por los lados opacos solamente”. En la pantalla del fotómetro aparecerá un mensaje para identificar la muestra con algún número, si se desea dejar un registro, puede hacerse, pero no es necesario.

#### Equipo necesario para detección de fosfatos

1. Fotómetro Nova 60
2. 2 cubetas rectangulares de 50mm
3. Tubos de ensayo necesarios con tapadera roscada
4. Test fosfatos Merck, código 1.14848.0001: reactivos  $\text{PO}_4\text{-1}$  y  $\text{PO}_4\text{-2}$
5. Protocolo o panfleto del test de fosfatos Merck.
6. Piceta con agua desmineralizada
7. Tiras universales indicadoras de pH, rango 1 a 14.
8. Micropipeta de 200 a 1000 microlitros (0.2-1ml)
9. Puntas azules para micropipeta

### 3.3.4.5 Detección de nitratos

Utilizar bata, guantes y gafas de seguridad. Tener mucho cuidado pues el ácido sulfúrico ( $\text{NO}_3\text{-2}$ ) produce graves quemaduras en la piel o la ropa.

1. Debe identificarse cada uno de los tubos de ensayo, cada tubo será para cada una de las muestras de los puntos a muestreados.
2. En cada tubo, añadir 1 microcuchara azul rasa (en la tapa del frasco) del reactivo  $\text{NO}_3\text{-1}$ .
3. Se calibra la micropipeta a 1000 microlitros (1ml) y se coloca el seguro para que no haya variaciones accidentales. Luego se adapta la punta de la micropipeta y se trasvasa las veces necesarias dependiendo del volumen a utilizar a cada tubo de ensayo, para completar los ml requeridos según protocolo.
4. Añadir 5ml del reactivo  $\text{NO}_3\text{-2}$ . Cerrar el frasco y agitar vigorosamente al menos por un minuto, hasta que se disuelva totalmente.
5. Al igual que en el punto 4, se calibra la micropipeta a 1.5ml (hacer 2 mediciones de 750 microlitros = 1.5ml) Se añade 1.5ml de la muestra ya filtrada; esto debe hacerse lenta y cuidadosamente mediante la micropipeta sobre el reactivo en la pared interna del tubo de ensayo manteniéndolo inclinado. La mezcla se calienta, tener mucho cuidado. Tapar el tubo de ensayo.
6. Se deja en reposo la solución caliente durante 10 minutos (tiempo de reacción), no refrigerar, toma de datos.

## Equipo necesario para detección de nitratos

### Muestras filtradas

1. Fotómetro Nova 60
2. 2 cubetas rectangulares de 20mm
3. Tubos de ensayo necesarios con tapadera roscada
4. Test Nitratos Merck, código 1.14773.0001: reactivos  $\text{NO}_3^-1$  y  $\text{NO}_3^-2$ , autoselector
5. Protocolo o panfleto del test de nitratos Merck.
6. Piceta con agua desmineralizada
7. Tiras universales indicadoras de pH, rango 1 a 14.
8. Micropipeta de 200 a 1000 microlitros (0.2-1ml)
9. Puntas azules para micropipeta

## 3.3.5 Resultados

### 3.3.5.1 Análisis microbiológico

El formato es compacto y fácil de usar de las Placas 3M™ Petrifilm™ Aqua permite ahorro de espacio y reduce los desechos en el laboratorio. Estudios indican que las Placas 3M™ Petrifilm™ Aqua no tienen un desempeño estadísticamente diferente en relación con los métodos SMEWW (Métodos estándar para el examen de las aguas residuales (SMEWW) 9215A6a y 9222E2b) o los métodos de referencia de análisis de agua embotellada ISO.

Los datos obtenidos de los análisis en los puntos de tomas de muestras son los siguientes:

Cuadro 29. Recuento coliformes del 23 de agosto de 2,011.

<b>Punto de toma de muestra</b>	<b>Unidades formadoras de colonias</b>
Desembocadura Río San Francisco	69 cfu
Frente a bombas recolectoras de agua para Panajachel (Yucanyá)	223 cfu
Desembocadura Río Quiscab	96 cfu

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 30. Recuento de Coliformes: Monitoreo lago de Atitlán, 31 de agosto de 2,011.

<b>Punto de toma de muestra</b>	<b>Unidades formadoras de colonias</b>
Bahía de Santiago	265 cfu
Punto 3 San Marcos	238 cfu
Desembocadura Río Quiscab	110 cfu
Desembocadura Río San Francisco	87 cfu

Fuente: Elaboración propia

Estos son los resultados obtenidos en el análisis de agua realizado en diferentes fechas, algunos en los mismos puntos de muestreo el cual no varía mucho en las unidades formadoras de colonias.

Cuadro 31. Recuento de Coliformes: Monitoreo lago de Atitlán, 26 de octubre de 2,011.

<b>Punto de toma de muestra</b>	<b>Unidades formadoras de colonias</b>
Punto 1 San Antonio Palopó	204 cfu
Punto 2 Ríos Panajachel y Quiscab	104 cfu
Punto 3 San Marcos	100 cfu
Punto 4 San Pedro la Laguna	267 cfu
Punto 5 Centro del lago	98 cfu
Punto 6 Bahía de Santiago Atitlán	256 cfu
Punto 7 Bahía de San Lucas	193 cfu

Fuente: Elaboración propia

Los coliformes se reagrupan ciertas especies bacterianas pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, de morfología bacilar, Gram negativas. El crecimiento bacteriano con producción de gas las 24 horas o antes, la presencia de bacterias coliformes fecales se considera confirmada, prosiguiendo con el método de filtro de membrana para el conteo. Los enterococos pueden considerarse como indicadores de contaminación fecal. Sin embargo algunos enterococos presentes en las aguas pueden proceder de otros hábitats.

En los tres análisis de coliformes que se realizaron en diferentes fechas del año 2,011 en el Lago de Atitlán dio como resultado que los puntos con mayor contaminación por colonias de coliformes fecales son los alrededores de San Pedro La Laguna, la Bahía de Santiago Atitlán, Alrededores de San Antonio Palopó y en los alrededores de la Bahía de San Lucas, esto se da porque en estas comunidades no existen plantas de tratamiento de desechos líquidos, todos los drenajes y desechos de los vecinos llegan a dar a esas partes del Lago de Atitlán contribuyendo la contaminación de las aguas. En los puntos donde tienen influencia los Rios San Francisco y Quiscab que son los más caudalosos que tiene la cuenca del Lago de Atitlán y por lo mismo tiene más influencia de personas, tiene menos contaminantes gracias a la existencia de plantas de tratamiento de desechos líquidos.



Figura 5. Placas Petrifilm de 3M

### 3.3.5.2 Análisis fisicoquímico

Cuadro 32. Resumen de resultado análisis físico-químico, en siete puntos de muestreo fecha de monitoreo: 23 de febrero de 2011- 25 de octubre de 2001.

Punto	Profundidad (m)	FÍSICO											
		Superficial						10 m					Horario
		pH	Conductividad (mS/cm)	T° (°C)	Oxígeno disuelto superficial	Transparencia	Clase color	pH 10m	Conductividad (mS/cm) 10m	T° 10m	Oxígeno disuelto mg/l 10 m		
A1	305.2	8.67	429	21	6.54	4.5	VI	8.71	428	20.8	5.15	13:37	
A2	226.9	8.78	430	21.1	6.6	8	VIII	8.75	428	20.9	8	09:40	
A3	192	8.71	432	21.3	10.2	7.5	VII	8.82	434	21.7	7.89	10:45	
A4	120	8.75	431	21	6.91	6.5	VII	8.79	429	21.1	6.67	12:00	
A5	311.6	8.77	440	22.3	6.54	9.5	VIII	8.8	427	21	6.11	11:20	
A6	50	8.6	433	20.9	6.86	4.5	VII	8.59	430	20	6.18	12:25	
A7	206	8.79	430	21.1	6.83	5	VI	8.77	429	21.1	5.98	13:15	

Fuente: Elaboración propia análisis in situ.



### 3.3.5.3 Análisis químico superficial

Cuadro 33. Resumen resultados de análisis químico superficial de los siete puntos de muestreo, laboratorio de aguas AMSCLAE. 23 de febrero de 2011- 25 de octubre de 2001.

QUÍMICO – SUPERFICIAL											
Punto de Muestreo	PO <sup>4</sup> P mg/l	PO <sup>4</sup> mg/l	N-NO <sup>3</sup> mg/l	NO <sup>3</sup> mg/l	N:P	Dureza total mg/l	Amoni o mg/l	DQO mg/l	Plomo mg/l	Cadmio mg/l	Aluminio mg/l
A1	0.03	0.09	0.26	1.15	8.67	155	<0.20		0	0.014	0.02
A2	0.01	0.03	0.04	0.18	4.00	155	0.06		0	0.01	0.04
A3	0.03	0.09	0.2	0.89	6.67	155	<0.20		0	0.03	0.02
A4	0.03	0.09	0.2	0.89	6.67	155	<0.20		0	0.006	0.03
A5	0.01	0.03	0.14	0.62	14.00	155	<0.20	19	0	0.053	0.05
A6	0.02	0.06	0.28	1.24	14.00	155	<0.20	21	0	0.008	0.03
A7	0.01	0.03	0.09	0.40	9.00	155	<0.20		0	0.003	0.03
MEDIA	0.02	0.06	0.17	0.77	9.00	155.00		20.00	0.00	0.02	0.03

Rel N:P 8.642857143

<b>P</b>	30.97	33%
<b>O</b>	15.99	67%
<b>PO<sup>4</sup></b>	94.93	100%
<b>FC</b>	3.06522441	
<b>N</b>	14	23%
<b>O</b>	15.99	77%
<b>NO<sup>3</sup></b>	61.97	100%
<b>FC</b>	4.42642857	

Fuente: elaboración propia análisis in vitro

En los análisis fisicoquímicos realizados en los puntos de muestreo, los resultados físicos del análisis espectral de la escala comparadora Forel-Ule para determinar el color del agua, en Lago de Atitlán, el valor de la escala en este cuadro va de VI a VIII lo que corresponde al color de las aguas a azul verdoso a verde azulado, y el estado trófico del cuerpo de agua es mesotrófico.

La transparencia obtenida con el disco secchi para conocer la turbidez con que se encuentran las aguas del Lago donde la mayor visibilidad fue de 9.5 metros que es en el punto A5, correspondiente al centro del Lago, se puede decir que es el punto menos contaminado.

Las profundidades no son tan variables en los monitoreos realizados se mantuvieron las dimensiones más profunda en el centro del Lago con una profundidad promedio de 314 metros y la menos profunda con 50 metros corresponde a la Bahía de Santiago Atitlán, el pH de las aguas de los puntos de muestreo no son tan variables en profundidades de cero y treinta metros, el pH no sube a nueve ni baja a siete se mantiene en ocho y fracción lo cual nos indica que las aguas del Lago son alcalinas y así se ha mantenido por el tipo de geología. La temperatura del Lago pasa lo mismo que con el pH no baja de 20°C, y no sube a 23°C.

Los datos de oxígeno disuelto demuestra que a mayor profundidad menor oxígeno en el caso del Lago de Atitlán los parámetros oscilan de 5 mg/l a 9 mg/l en la mayoría de los monitoreos realizados durante los nueve meses los resultados fueron constantes, los florecimientos de cianobacteria en el año 2,011, fue baja ya que no se reunieron todas las condiciones necesarias, y si hubo afloramientos pero fue de baja duración, lo cual no es alarmante ecológicamente.

Los análisis químicos realizados en el laboratorio de la AMSCLAE, principalmente fosfatos y nitratos no fueron tan altos, los fosfatos se encuentran en los fertilizantes y los detergentes y pueden llegar al agua con el escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras. Los fosfatos, al igual que los nitratos, son nutrientes para las plantas acuáticas y por ende para las cianobacterias como no fueron altos los parámetros químicos floraciones no fueron altas.

### 3.3.6 Conclusiones

Las cianobacterias son, como su nombre lo indica, bacterias con la capacidad de realizar fotosíntesis como cualquier planta lo que las convierte en productores primarios, o sea que tienen la capacidad de convertir la energía física que aporta el sol (luz) en energía química (azúcares), liberando también oxígeno como resultado de la reacción biológica, por eso se les llama también oxifotobacterias.

Los promedios obtenidos en los análisis físicos de las muestras obtenidas en los puntos de muestreo del Lago de Atitlán demuestra que las temperaturas promedio fueron aumentando, en el mes de febrero la temperatura promedio del Lago fue de 21.24°C, aumentando constantemente, en el mes de marzo aumento la temperatura 0.57°C, llegando a un tope de temperatura en los meses de junio y agosto de 24°C y 24.08°C respectivamente, del mes de agosto en adelante hasta donde se tomaron los datos las temperaturas fueron descendiendo paulatinamente, en los parámetros de pH los resultados obtenidos, fueron constantes en teoría no hubo cambios tan significativos se mantuvieron en 8.72 en el mes de febrero, el parámetro más alto se obtuvo en el mes de julio que fue de 8.86 y el más bajo se registró en mes de marzo con 8.52.

Con el pH, las cianobacterias tienen un mejor desarrollo en aguas neutras y alcalinas entre los 7.5 y 10, debido a que están adaptadas a utilizar bicarbonato disuelto en el agua como forma de asimilación de carbono inorgánico. Los principales nutrientes que influyen en el crecimiento de las cianobacterias son el fósforo y el nitrógeno, los florecimientos se dan en aguas eutróficas que son ricas en nutrientes, y el lago de Atitlán por estar en una cuenca endorreica es rico en nutrientes.

El lago de Atitlán presenta una estratificación térmica de sus aguas entre los meses de marzo a octubre, eso quiere decir que el lago presenta una capa de agua superior más caliente y una inferior más fría, lo que contribuye a que la columna de agua del lago se mantenga estable y brinde condiciones idóneas para el crecimiento de las cianobacterias debido a que les permite permanecer en la parte superior del cuerpo de agua aprovechando la luz solar.

### 3.3.7 Anexos

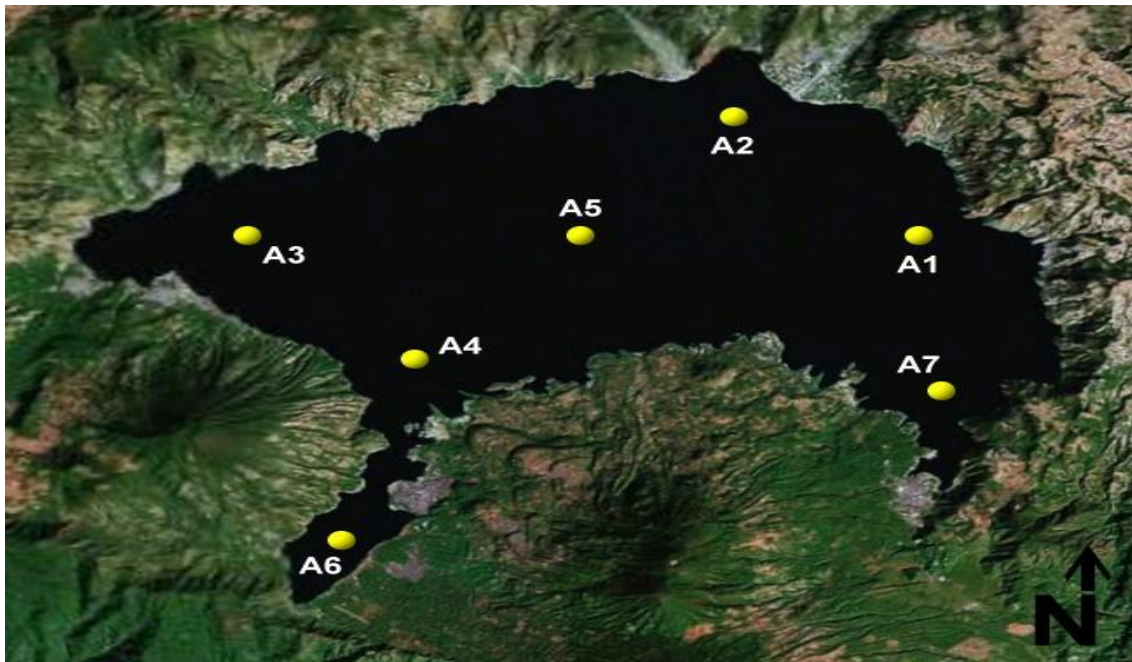


Figura 6. Distribución de los puntos de muestreo limnológico sobre el lago de Atitlán (Fuente: Romero, 2009)



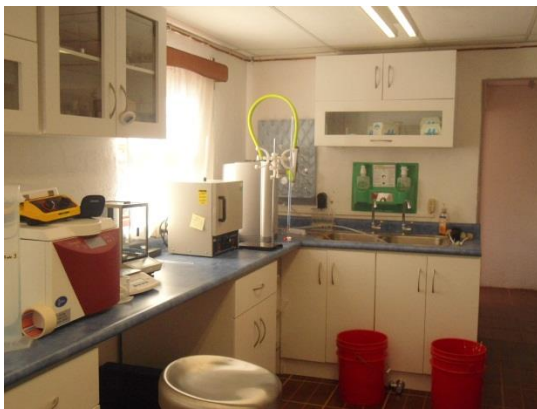


Figura 7. Fotos tomadas, en el laboratorio de la Autoridad para el Manejo sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno, y toma de muestras en los diferentes puntos de muestreo





Figura 8. Plantas de tratamiento de desechos líquidos