

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

CONTAMINACIÓN DEL LAGO DE AMATITLÁN POR DESECHOS  
INDUSTRIALES

TESIS  
PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

JUSTO RUFINO ROSALES SANTIAGO  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

Guatemala, septiembre de 1,999

# HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR



Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

Contaminación del lago de Amatitlán  
por desechos Industriales,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 18 de abril de 1997.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Justo Rufino Rosales Santiago".

JUSTO RUFINO ROSALES SANTIAGO

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



## FACULTAD DE INGENIRÍA

### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1o.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL 2o.	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL 3o.	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL 4o.	Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
VOCAL 5o.	Br. Mauricio Alberto Grajeda Mariscal
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alex Olivares Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
EXAMINADOR	Ing. Edgar Augusto Ponce Villela
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

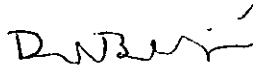
Guatemala, 7 de abril de 1999.

Ingeniero  
José Francisco Gómez Rivera  
Director de la Escuela de  
Ingeniería Mecánica Industrial de la  
Facultad de Ingeniería.  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente.

Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted que el desarrollo del punto de Tesis: "CONTAMINACION DEL LAGO DE AMATITLAN POR DESECHOS INDUSTRIALES", presentado por el estudiante JUSTO ROSALES (Carnet No. 91-11961), si cumple con los objetivos trazados. Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Lic. Douglas R. Baldizón N.  
Químico Biólogo  
Colegiado No. 391  
Asesor de Tesis

c.c. Inga. Aura Aída Domínguez O.  
c.c. Archivo


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor de esta Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **CONTAMINACION DEL LAGO DE AMATITLAN POR DESECHOS INDUSTRIALES**, presentado por el estudiante universitario **Justo Rufino Rosales Santiago**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID. Y ENSEÑADA A TODOS



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Director de la Escuela de  
Ingeniería Mecánica



Guatemala, 26 mayo de 1999.

ends

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

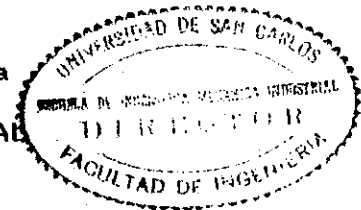


FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **CONTAMINACION DEL LAGO DE AMATITLAN POR DESECHOS INDUSTRIALES**, presentado por el estudiante universitario **Justo Rufino Rosales Santiago**, presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAR A TODOS

  
Ing. Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR  
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, septiembre de 1999.

emds

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

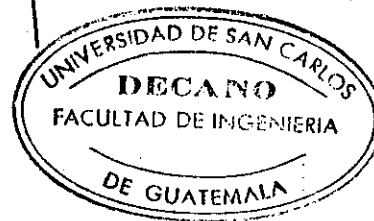


FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobaci3n por parte del Director de la Escuela de Ingenieria Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **CONTAMINACION DEL LAGO DE AMATITLAN POR DESECHOS INDUSTRIALES**, presentado por el estudiante universitario **Justo Rufino Rosales Santiago**, procede a la autorizaci3n para la impresi3n de la misma.

IMPRIMASE

Ing. Herbert René Miranda Barrios  
DECANO



Guatemala, septiembre de 1999

ends

**AGRADECIMIENTO**

A Dios Tododopoderoso, por sus bendiciones,  
su ayuda en mi vida y carrera  
profesional.



## DEDICATORIA

A: mis padres y tíos    Rufino Rosales Samayoa  
                                  Sofía Santiago de Rosales  
                                  Miguel Ángel González Roche  
                                  Clara Rosales de González

Al guiarme, apoyarme y por el ejemplo que me han dado,  
enseñándome que una persona debe vivir con ética,  
responsabilidad y honradez.

Mis hermanos:            María Olinda Rosales Santiago  
                                  Elider Miguel Rosales Santiago  
                                  Juan Pablo Rosales Santiago

Por el apoyo moral que he recibido de ellos.

A mis primos:    Clara Jeaneth González de Palma  
                                  Dr. Rafael Eduardo González Rosales  
                                  Ing. Miguel Antonio González Rosales  
                                  José Mauricio González Rosales  
                                  Con mucho cariño.

Lic. Douglas Baldizón  
Por su apoyo en este trabajo de tesis, como asesor.

Mis compañeros:    Glenda Lara  
                                  Ing. Danilo Salguero  
                                  Alejandro Molina  
                                  Angel Rosa  
                                  Manuel Sánchez

Gracias por su amistad y el compañerismo que me brindaron.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	I
GLOSARIO.....	III
OBJETIVOS.....	V
HIPOTESIS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	VII
1. MARCO TEÓRICO	
1.1 Lago de Amatitlán.....	1
1.1.1 Antecedentes históricos del lago de Amatitlán.....	2
1.1.2 Integración territorial.....	5
1.1.3 Descripción física básica del lago de Amatitlán.....	6
1.1.4 Datos generales sobre el lago.....	7
1.1.5 Ubicación, extensión territorial y límites.....	8
1.1.6 Topografía, alturas, distancias, vías y medios.....	9
1.1.7 Marco Geográfico.....	11
1.2 Antecedentes históricos sobre la contaminación del lago de Amatitlán.....	13
1.2.1 Su área de influencia.....	16
1.2.2 El problema del lago de Amatitlán.....	16
1.2.3 Utilización del lago.....	19
2. CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL EN EL LAGO DE AMATITLÁN	
2.1 Principales factores de la contaminación industrial.....	20
2.1.1 La contaminación del lago de Amatitlán.....	22
2.1.2 La contaminación Industrial.....	24
2.1.3 Tecnología y contaminación industrial.....	28
2.1.4 Fuentes de problemas.....	29
2.1.5 Origen y naturaleza de los productos contaminantes.....	35
2.1.6 Los desechos Sólidos, la salud y el medio ambiente.....	43
2.1.7 Tipos de contaminantes.....	45
2.1.8 La eutroficación.....	46
2.1.9 Factores que contribuyen al proceso de eutroficación.....	47
2.1.10 Cuenca del lago de Amatitlán físico-Biótica.....	57

3. PROBLEMÁTICA Y POSIBLES SOLUCIONES	
3.1 Geomorfología.....	73
3.1.1 Servicios Públicos.....	74
3.1.2 Donativo del Infom.....	75
3.1.3 Comité del lago de Amatitlán.....	75
3.1.4 Autoridad del lago de Amatitlán.....	76
3.1.5 Geología.....	77
3.1.6 Minería.....	80
3.1.7 Legislación del lago de Amatitlán.....	81
3.2 Antecedentes.....	87
3.2.1 Problemática.....	90
3.2.2 Subprogramas y proyectos que integran el programa de inversión.....	91
3.2.3 Autoridad para el rescate y resguardo del lago de Amatitlán programas y proyectos a corto, mediano y largo plazo.....	92
3.2.4 Subprograma de desechos líquidos.....	94
3.2.5 Subprograma de desechos sólidos.....	96
3.2.6 Beneficios esperados.....	97
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES.....	100
BIBLIOGRAFÍA.....	101
APÉNDICES.....	102
ANEXOS.....	105

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

No.	Título	Pág.
1	Eutroficación del Lago de Amatitlán.....	49
2	Contaminación Vrs. tiempo en el lago de Amatitlán.....	50
3	Producción de desechos por tipo de industria....	51
4	Contaminación Vrs. tiempo (rio villalobos).....	52
5	Proceso de degradación del lago si no se efectúa ningún tratamiento.....	53
6	Número de industrias por Municipio en la cuenca (Mixco, Villa Canales, Villa Nueva) .....	68
7	Número de industrias por Municipio en la cuenca según rama Industrial.....	69
8	Número de industrias de la Capital en la cuenca según según rama Industrial.....	70
9	Producción Industrial y generación de desechos químicos peligrosos en la cuenca.....	71
10	Número de industrias pro zona y municipio en la cuenca.....	72

## TABLAS

No.	Titulo	Pág.
I	Proyecciones de algunas características importantes del lago de Amatitlán.....	18
II	Problemática del lago de Amatitlán.....	34
III	Producción de desechos por rama Industrial del lago de Amatitlán.....	41
IV	Desechos Orgánicos.....	42
V	Degradación del lago de Amatitlán perdida de profundidad si no se efectúa un tratamiento inmediato.....	48
VI	Industrias de la cuenca del lago de Amatitlán producción de desechos peligrosos.....	54
VII	Cuenca del lago de Amatitlán industrias y producción de desechos.....	55
VIII	Situación de la producción y utilización de desechos químicos en las industrias de la cuenca del lago de Amatitlán.....	56
IX	Producción de desechos (cuenca lago de Amatitlán).....	67
X	Porcentaje de descontaminación plantas de tratamiento cuenca del lago de Amatitlán.....	102
XI	Proyección de la contaminación de las aguas de desechos domésticos 1995-2010 en la cuenca del lago de Amatitlán.....	103
XII	Características importantes del lago de Amatitlán.....	104

## GLOSARIO

<b>Afluente</b>	Corriente de agua que desemboca en otra.
<b>Aluviones</b>	Avenidas fuertes de agua, inundaciones.
<b>Calizas</b>	Rocas sedimentarias constituidas principalmente por carbonato cálcico.
<b>Cuenca</b>	Depresión topográfica cuyas dimensiones van de unos pocos a varios centenares de Km y cuyo origen es estructural.
<b>Cretácico</b>	Periodo geológico final de la era secundaria, caracterizado sobre todo por la formación de creta.
<b>Erosión</b>	Desgaste producido en la superficie de un cuerpo por la fricción de otro.
<b>Estratificados</b>	Dícese de los productos fabricados a base de varios soportes (papel, telas, etc.) impregnados de un barniz termoplástico.
<b>Evapotranspiración</b>	Restitución a la atmósfera de parte del agua contenida en el suelo, gracias a la evaporación y la traspiración de las plantas.
<b>Eutroficación</b>	Enriquecimiento artificial del agua en materias nutritivas.
<b>Fisiografía</b>	Descripción geomorfológica de una región.

**Geología**

Ciencia que tiene por objeto la descripción de los materiales que forman el globo terrestre, el estudio de las transformaciones que ha sufrido la tierra en el transcurso de los tiempos y el estudio de los fósiles.

**Geomorfología**

Parte de la geografía física que tiene por objeto la descripción y explicación del relieve terrestre actual, gracias al estudio de su evolución.

**Hidrología**

Ciencia que trata de las propiedades mecánicas, físicas y químicas de las aguas marinas (hidrología marina u oceanografía) y continentales (hidrología fluvial o potamología).

**Hipsometría**

Medida y representación cartográfica del relieve terrestre.

**Tectónico**

Relativo a la corteza terrestre.

## OBJETIVOS

### GENERAL

Establecer que la causa del deterioro del lago de Amatitlán es la contaminación por desechos industriales.

### ESPECÍFICOS

1. Utilizar esta investigación para concientizar a personas particulares y empresarios para conservar el lago de Amatitlán como recurso natural del país.
2. Valorar el lago de Amatitlán como medio de ingresos económicos, y medio de atractivo turístico y alimentación.
3. Demostrar el grado de contaminación que ha tenido el lago por las industrias ubicadas alrededor de él.
4. Ilustrar el deterioro ambiental del lago.
5. Proponer tecnología que se puede usar para el control de la contaminación industrial del lago de Amatitlán.
6. Clasificar el tipo de industrias ubicadas al rededor del lago como tipo de desechos Industriales, que se descargan en el.



## HIPÓTESIS

Para la búsqueda de soluciones al problema de la Contaminación industrial en el lago de Amatitlán se necesita de estudios actualizados que permitan conocer y mantener seguimiento, control y evaluación de la situación real del lago y de las fuentes de contaminación industrial.

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan datos generales del lago de Amatitlán: los antecedentes históricos, su ubicación y extensión territorial, así como la descripción física básica. También se trata la contaminación industrial por desechos industriales con base en las fuentes de contaminación que afectan al lago por desechos industriales y otros tipos de contaminantes.

La producción de desechos peligrosos se debe a los tipos de desechos líquidos y sólidos, aquí se menciona el número de industrias por zona, municipio, su legislación y fuentes de problemas que afectan el Lago de Amatitlán, además de los factores que contaminan dicho lago.

En el trabajo se mencionan las posibles soluciones que se aplican para evitar la contaminación del lago de Amatitlán, y en ellas trabajan entidades y comités de mejoramiento.

El lago de Amatitlán es afectado por más de 700 fábricas que producen diferentes tipos de contaminantes: líquidos y sólidos. Estos se descubren en este trabajo.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Lago de Amatitlán

El problema es que este lago es usado para desechos sólidos. Sin embargo, los problemas que afectan al lago, no tienen soluciones simples.

Las presiones entre la cuenca del lago sobre los recursos de agua y la población, han ampliado la degradación del lago. Para encontrar una solución razonable, los miembros de la comunidad deben conocer las condiciones que presenta el sistema total del agua del lago.

Sólo conociendo todos los componentes del sistema, se puede encontrar una solución que beneficie soluciones demandas socioeconómicas y del ecosistema.

El lago de Amatitlán es clasificado como EUTROFICO, y es característicamente conocido por su alta producción; por ejemplo, su enorme crecimiento de algas, y grandes poblaciones de peces intolerables.

Amatitlán es un municipio muy antiguo de origen Pocomán parten en una basta región con Palín y Petapa. La actual ciudad fue creada después de la conquista, en cabildo celebrado en la capital del reino de Guatemala el 14 de junio

de 1,530. En el que Antonio Diosdado pidió ciertas tierras junto a Amatitlán para cañaverales de azúcar.

Durante la colonia formó parte de la Quinta Provincia integrada por: Sacatepéquez y Amatitlán esta se conocía con el nombre de San Juan Amatitlán. Por Real Cédula del 30 de marzo de 1,620. Fue reconocida en la categoría de villa por el decreto legislativo de 26 de agosto de 1,535. Se otorgó a esta villa la categoría de ciudad por decreto legislativo del 6 de noviembre de 1,839, Amatitlán, Villa Nueva, Palín, llegan a tomar parte de un distrito por el decreto gubernativo del 8 de mayo de 1,866, el cual dispone que el entonces conocido como corregimiento de Amatitlán sea en lo sucesivo departamento.

Así permanece por muchos años, hasta el 29 de abril de 1,935, cuando en decreto legislativo de esta fecha, se suprime el departamento de Amatitlán y se le otorga como municipio al departamento de Guatemala, donde figura actualmente.

#### **1.1.1. Antecedente históricos del lago de Amatitlán**

El lago de Amatitlán es una formación geológica de origen volcánico y se formó en determinado momento, cuando hicieron erupción los volcanes de Pacaya, Agua, Fuego y Acatenango, y

probablemente un volcán gigante que estalló en donde ahora está el Cerro Chino, obstruyendo con su lava y su arena el paso de las aguas del río hacia el pacífico.

Según estudios realizados por la Asociación Guatemalateca de Historia Natural, el Lago llegó a cubrir fácilmente hasta Villa Nueva y San Miguel Petapa; ya que se han encontrado fósiles de caracoles y pequeños esqueletos de pescados, durante excavaciones realizadas en esos lugares a principios de siglo.

El lago era un espacio sagrado para los antiguos pobladores de sus riberas, las que probablemente se asomaban al actual mirador del Parque de la Naciones Unidas, y contemplaban una superficie de aguas azules mucho más grandes de lo que se ven en la actualidad, con muchos metros más de profundidad, o de altura; es decir, doscientos o trescientos metros más de altura en el nivel de las aguas.

El municipio de Amatitlán limita al norte con los municipios de Villa Nueva, Petapa y Villa Canales, al este con Villa Canales y San Vicente Pacaya, al oeste con Villa Nueva y Magdalena Milpas Altas y al sur con Palín y Santa María de Jesús.

El terreno es montañoso, pues sólo la ciudad y tres aldeas se encuentran en terreno plano. Amatitlán posee 16 cerros. El famoso Volcán de Pacaya se dice que pertenece a Escuintla, pero una parte queda en jurisdicción de San Vicente Pacaya y otra en Amatitlán.

El Municipio cuenta con tres ríos, un lago y dos lagunas, los ríos son: El Michatoya, El Mico y Agua de la Mina. Las lagunas son: Calderas y Panquejecho, esta última se observa solo en invierno pues desapareció en 1,902 a causa de un fuerte temblor que abrió una grieta en su interior por donde se fugó el agua.

También existían numerosas fuentes termales sulfurosas aprovechadas como baños de temezcal. Dichas fuentes se encuentran en las riberas del lago y del río Michatoya, llega a alcanzar elevadas temperaturas. El valle que ocupa la ciudad de Amatitlán tiene una extensión de 17 Kms<sup>2</sup>, más o menos el 10% de los 204 Kms<sup>2</sup> de terreno estimados para todo el municipio.

Fue fundado el 24 de junio de 1,549 y el 5 de octubre de 1,835 Amatitlán recibe el título de Ciudad. El 8 de mayo de 1,866 se le da la denominación de departamento constituido: por Amatitlán, Villa Nueva, San Miguel Petapa, Villa Canales, San Vicente Pacaya y Palín; el 29 de Abril de 1,935, se

acuerda hacer Municipio a Amatitlán, incorporándolo al departamento de Guatemala. El 30 de junio de 1,935 se hace efectiva la supresión de Amatitlán como departamento.

Algunos autores creen que Amatitlán significa "Ciudad de las cartas" o "Ciudad del correo", otros dicen que significa "Cercos de amates" o "Lugar rodeado de amates" y otros creen que significa "Frente al agua".

Los antiguos pobladores de Amatitlán eran de la raza pocoman, grupo étnico mayense.

#### **1.1.2. Integración territorial**

Su jurisdicción municipal comprende una ciudad denominada Amatitlán que es la cabecera del Municipio. Las Aldeas son: El Durazno, Las Trojas, Agua de la Mina, El Llano de Animas, Laguna Seca, San Carlos, El Pepinal, Loma Larga, Laguna de Calderas, Cerritos Tacatón, Mesillas Bajas, Los Humitos, El Eje Quemado.

Los siguientes caseríos son: El Rincón, Mesillas Altas, Manuelón, El Zapote, Casas Viejas, El Cerro y el Salitre.

Se encuentran en su territorio varias fincas todas de pequeñas dimensiones así como numerosas granjas. En la actualidad hay algunas lotificaciones pues tanto por su

cercanía a la ciudad Capital, como por sus privilegiadas condiciones naturales, tiende a convertirse en una extensa área residencial en un futuro cercano.

### 1.1.3 Descripción física básica del lago de Amatitlán

De acuerdo con evidencias geológicas el lago es de tipo tectono-volcánico; es decir, se formó por dos procesos:

- 1) Movimientos tectónicos
- 2) Erupciones volcánicas.

Una continua actividad y alto nivel explosivo de las erupciones de los volcanes, condicionó la formación de una gran depresión conocido ahora como lago de Amatitlán. Simultáneamente, con estas acciones volcánicas, tuvieron lugar importantes eventos tectónicos como grandes dislocaciones y desplazamientos de tierra sobre una gran región.

Con estas depresiones empezó la acumulación de las aguas y cuencas hidrográficas. Se cree, por hechos geológicos, que el cuerpo conocido como Lago de Amatitlán se formó de esta manera. Por los mismos hechos se cree que anteriormente el lago tuvo un volumen y desarrollo superficial considerablemente mayor que las dimensiones actuales. Se



estima que tuvo un área superficial de 100 kilómetros cuadrados es decir 6 ó 7 veces mayor; y una profundidad de 300 metros ó 10 veces la máxima profundidad actual.

En un corto tiempo geológico, el lago de Amatitlán ha disminuído mucho, aún no se descarta la posibilidad que el lago continúe este Proceso de disminución.

El lago de Amatitlán se encuentra en su propia cuenca, con un área superficial de 83 kilómetros cuadrados. Está dividido en dos cuerpos: el Occidental y el Oriental. Los dos cuerpos juntos tienen un volumen de 0.286 kilómetros cúbicos, el Occidental tiene una profundidad máxima de 33 metros y el Oriental de 27 metros. Los cuerpos únicamente son confluídos por unos tubos en el relleno, éstos pueden cambiarse con el agua. El agua del cuerpo Oriental debe circular con el agua del Occidental, y debe salir por el río Michatoya. No se sabe exactamente que volumen de agua circula por año, por el tamaño de los tubos se puede extrapolar que es un bajo volumen de agua.

#### 1.1.4. Datos generales sobre el lago

Area total de la cuenca: 390 Kms<sup>2</sup>

Area: 15.67 Km<sup>2</sup>

Nivel máximo: 1,198.1336 m.s.n.m.

**Nivel C:** 1,187.48 m.s.n.m.

**Profundidad máxima:** 28 mts. frente a la silla del niño. en  
1989 era de 33 mts.

**Profundidad mínima:** 18.27 Metros

**Afluente significativo:** río Villa Lobos

**Drenaje significativo:** río Michatoya

**Temperatura media:** 20° C

**Tiempo de vida aproximada:** 20 años

**Perdida del manto acuífero por el proceso de urbanización:**  
0.70 cms. por año

**Desorden del crecimiento:** industrial y residencial

**Acarreo de:** 75,000 ton/año de desechos sólidos en suspensión  
a través del río Villalobos y el lago de  
Amatitán como cuerpo receptor final

**Los ríos como:** receptores de aguas sanitarias o aguas negras  
e industriales.

**Alta morbilidad y mortalidad por:** enfermedades infecto-  
contagiosas y de las vías respiratorias.

### **1.1.5 Ubicación, extensión territorial y límites**

El municipio de Amatitlán está ubicado en la parte sur del Departamento de Guatemala. Su extensión territorial es de doscientos cuatro (204) Kilómetros cuadrados. Sus límites son los siguientes límites: al Norte los municipios de Villa Nueva, Villa Canales y San Miguel Petapa (lago de por medio);

al Sur: el municipio de Palín del departamento de Escuintla y Santa María de Jesús, del departamento de Sacatepéquez; al Este: los municipios de San Vicente Pacaya del departamento de Escuintla y Villa Canales del departamento de Guatemala, y al Oeste: los municipios de Magdalena Milpas Altas y Santa María de Jesús, del departamento de Sacatepéquez.

Su jurisdicción municipal comprende una ciudad denominada Amatitlán que es la cabecera del municipio. En su territorio se encuentran varias fincas, y granjas. En su territorio se encuentran varias fincas todas de pequeñas dimensiones. En la actualidad hay algunas lotificaciones, pues tanto por su cercanía a la ciudad capital, como por sus privilegiadas condiciones naturales.

#### 1.1.6. Topografía, alturas, vías y medios de comunicación

Este municipio es topográficamente irregular, quebrada en un 75% con pequeños valles, el mayor de estos, ocupado por la cabecera municipal. Las alturas van desde 1,200 hasta 2,500 metros sobre el nivel del mar. La cabecera departamental o sea la capital del país sobre vía totalmente asfaltada (Carretera Internacional del Pacífico C-A-2). Cuenta, también con la vía férrea de FEGUA, por ser punto obligado de tránsito en la ruta hacia el Sur del país o sea la

C-A-2. Este este Municipio goza de buen servicio de transportes ferroviarios diariamente hacia la capital y hacia la región sur del país.

Se encuentran en su territorio los siguientes ríos: Mico, Agua de la mina y Michatoya que es el mayor. Están también las lagunas Calderas y Panjequecjo. Existen varios manantiales de agua termales sulfurosas en las riberas del lago de Amatitlán.

Este bello lago es uno de los mayores del país, su extensión es de aproximadamente de 15.2 Km cuadrados y tienen la forma de un número 8 en cuya cintura existe un relleno construido por la empresa del ferrocarril que la divide en dos partes (con la línea férrea del sur). La mayor extensión de este lago corresponde al municipio de Amatitlán y la demás a las municipios de Villa Nueva, San Miguel Petapa y Villa Canales.

Este Lago es alimentado por varios pequeños ríos e su jurisdicción y de los Municipios anteriormente mencionados.

El lago de Amatitlán además de fertilizar sus riberas convirtiéndolas en extensas áreas de cultivo, posee gran cantidad de peces, principalmente mojarras, que se aprovechan para el consumo diario y para su comercialización. Es navegable por pequeñas embarcaciones constituye uno de los

mayores atractivos turísticos del país y por la impresionante majestuosidad de sus tranquilas aguas como por bellas riberas bordadas con graciosas residencias multicolores ensoñadores parajes siempre florecidos.

En el territorio de Villa Canales se encuentran los siguientes cerros: Cerro de Agua de la Mina, Cerro Chococ, Pachali, Panacoc, Cerro Grande, Cerro Chiquito, Cerro Corado, Cerro de Palencia, Cucurucho, Cerrito, La Mariposa, El mal Paso, El Filón, El taltique, La Pedrera, Pipá, La Montaña de Carmena. El Volcán de Pacaya en una pequeña parte corresponde a Amatitlán.

#### **1.1.7. Marco geográfico**

El municipio de Amatitlán, cuyo nombre completo es San Juan Amatitlán, tiene una extensión de 204 Kms<sup>2</sup> y está compuesto de la ciudad, 16 aldeas y 6 caserios. Dista 28 Kms. de la Capital y 12 Kms. de Palín. La ciudad de Amatitlán es la cabecera Municipal.

Las 16 aldeas son: El Durazno, Las Trojes, Agua de la Mina, Llano de Animas, Laguna Seca, San Carlos, El Pepinal, Loma Larga, Calderas, El Cerrito, Tacatón, Mesillas Bajas, Los Humitos, Eje Quemado y el Rincón, Mesillas Altas.

Los 6 caseríos son: El Chajil, Manuelón, El Zapote, Casas Viejas, El Cerro y el Salitre.

El municipio de Amatitlán está formado por una zona principal la parte cuatricentenaria, 24 colonias y la zona industrial.

La zona principal está dividida en 8 cantones: Ingenio La Cruz, San Juan, San Antonio, Hospital, San Lorenzo, El Rosario y Amanecer.

Las 24 colonias son: El Angel, El Prado, Santa Marta, Concepción, Concepción II, El Recreo, Hernández, Chisita, San José, Lupita, Alameda, Valle Verde, Valle Verde II, Las Ninfas, El Progreso, Progresista, El Morlón, San José II, Villa Fernanda, Chulamán, Dos Bahias, Carolina, El Barro y la Unión; la zona industrial se encuentra su mayoría paralela a la Carretera al Pacífico. Amatitlán posee vía Férrea, a la cuál pertenece, y sus colindancias con los dos departamentos de Sacatepéquez y Escuintla.

Pastizales: 10%

Bosques naturales: 12%

Lagos incluyendo pantanos: 3%

Principales cultivos (%): Maíz 69%, Café 17%, Caña de azúcar 7%, Hortalizas 7%.

**Zona de vida vegetal:** bh-Mb(s) = Bosque Humedo, montano  
bajo subtropical.

**Clasificación trófica:** Eutrófico criterio: Vollenwider.

### **1.2 Antecedentes históricos sobre la contaminación del lago de Amatitlán**

El lago era alimentado por una numerosa cantidad de arroyos y arroyuelos entre los que figuran por lo menos: Malena, El Mico, Villalobos, nombre con los que se les conoce en la actualidad.

Los hallazgos arqueológicos realizados por el Dr. Guillermo Mata, atestiguan que las orillas del lago estaban densamente pobladas. A juzgar por la cantidad de vasijas encontradas en el fondo del lago, los indígenas, antes de la llegada de los españoles realizaban ceremonias religiosas sobre las aguas del lago y, probablemente, lanzaban vasijas con piezas de jade a las profundidades del lago.

El lago de Amatitlán debe su nombre a que los Chichimecas que llegaron con Pedro de Alvarado encontraron en sus alrededores muchos árboles de Amate y de allí el nombre: (Amat, titlán: muchos amates juntos al agua).

El lago de Amatitlán constituye uno de los recursos naturales del sistema hidrológico de Guatemala. Desde tiempos históricos el lago de Amatitlán ha tenido prestigio como recurso natural desde el punto de vista de su productividad biológica. Durante la colonia los indígenas de San Miguel Petapa tenían una servidumbre de pescado para la ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala, dos veces por semana; posteriormente, dicha servidumbre se trasladó a la Nueva Guatemala de la Asunción.

Por otra parte, la cuenca del lago y el río Tributario, el Villalobos, fueron regiones forestales aprovechadas. La región se utilizó para el cultivo de maíz, frijoles o algunas frutas, café, caña y ganado bovino como porcino.

En los siglos XVIII y XIX la cuenca fue altamente productiva para la elaboración y producción de la cochinilla del nopal.

La construcción de "EL RELLENO" afectó notablemente la dinámica hidráulica del propio lago.

Luego, la Municipalidad de Guatemala construyó un sistema de túneles para trasladar las aguas servidas de la vertiente del pacífico, a la del mar de las Antillas con este transvasamiento Amatitlán entre cuencas se deteriora aún más



y se agrava el problema de Chinautla.

La construcción de innumerables malecones afectó seriamente el sistema ecológico del lago.

Un problema de importancia que llega a generar una agresión ambiental en la cuenca misma, es el desarrollo urbano de la ciudad capital hacia el sur, y la consecuente deforestación de la cuenca hidrográfica.

Esta deforestación modifica radicalmente el régimen hidrológico y de escorrentía de la cuenca, y adicionalmente la contaminación por químicos originados en el desarrollo agro-industrial de la ciudad capital, más el producto de la erosión de la cuenca deforestada, acelera su deterioro.

Las necesidades de generación de hidroelectricidad hacen que se utilice el río Michatoya para movilizar nuevos generadores, como en el caso de Jurún Marinalá, Palín y San Luis Buena Vista. Ello obliga a utilizar el Lago de Amatitlán como el embalse regulador, es así como el INDE, tiene la urgente necesidad de efectuar la operación antes mencionada, y careciendo el lago de sus ingresos hídricos normales, las fluctuaciones de nivel crean un problema más que su suma a los ya descritos.

El incremento del número de motores fuera de borda que se usan en las lanchas del lago, así como la utilización de detergentes y de las aguas del lago para su uso doméstico de lavado, generan más problemas.

El bullicio de las familias de guatemaltecos llenó las orillas del lago; alrededor de 1,920 se construyeron los primeros chaletos, y estos terminaron por rodear el lago, ya que esta zona era el lugar de veraneo para muchas familias Capitalinas.

#### **1.2.1. Su área de influencia**

Involucra no solamente la parte sur de la ciudad de Guatemala, sino una mayor área de influencia que abarca la región Sur del municipio de San Pedro Sacatepequez, Mixco, Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa, Santa Catarina, San José Pinula y Fraijanes.

#### **1.2.2. El problema del lago de Amatitlán**

Los efectos resultantes del desequilibrio hidrológico en el lago son la reducción de los ingresos hídricos, alteración del equilibrio hidrodinámico del lago al construirse EL RELLENO, alteraciones o fluctuaciones en el nivel del lago por causa de su empleo como embalse regulador; el desarrollo

industrial en la Ciudad de Guatemala, el transvasamiento de cuencas, aumentó la impermeabilización de superficie de terreno, lo que resta ingresos a las fuentes o manantiales; el desarrollo de lotificaciones y poblaciones no planificadas en el área metropolitana; el incremento en las dimensiones y proliferación de parcelamientos en la cuenca del río Villalobos; y el desarrollo de infraestructura en carreteras.

Contaminación por productos químicos, azolvamiento como consecuencia de la erosión, contaminación biológica por aguas, mieles de beneficios de café y de aguas procedentes del ingenio azucarero originados en la fertilización de los cañales, productos biológicos (animales muertos, lechería), aguas servidas, adición de detergentes y lubricantes.

En años pasados se ha incrementado la eutroficación del lago, lo que causa desarrollo extraordinario de la flora acuática y una reducción del 80% (demanda bioquímica de oxígeno) contaminándola bacteriológicamente.

**Tabla I. Proyecciones de algunas características importantes del lago de Amatitlán**

Característica	Año 1998	Año 2010 sin trato	Año 2010 con trato
Área lago	15.11 km <sup>2</sup>	12.5 Km <sup>2</sup>	15.11 Km <sup>2</sup>
Altura Prom.	18 mt	7.2 mt	15.4 mt
Vol. estimado	271980000m <sup>3</sup> /a	108388800m <sup>3</sup>	232694000m <sup>3</sup>
Ingreso de aguas servidas	22000000m <sup>3</sup> /a	59131664m <sup>3</sup> /a	16476631m <sup>3</sup> /a
Ingreso solidos sed./año	566625 ton/a	849,937ton/a	226650 ton/año
Pérdida sup/año	4000 m <sup>2</sup> /año	8000 m <sup>2</sup> /año	1600 m <sup>2</sup> /año
Prod. pesca/año	45 ton/año	18 ton/año	72 ton/año

Abast. est. agua 1998	Disponib. real	Est. L. hab/día	Descarga Aguas serv.
1.11 m <sup>3</sup> /seg	0.776 m <sup>3</sup> /seg	60.87	0.54 m <sup>3</sup> /seg

### 1.2.3 Utilización del lago

- a) Fuente de abastecimiento a poblaciones, lotificaciones, agro-industrias.
- b) Fuente de energía (embalse para la Hidroeléctrica Jurum Marinalá, que genera alrededor del 11% del total de energía del País (60 MW), y enfriamiento de la termoeléctrica La Laguna (30MW).
- c) Fuente de irrigación.
- d) Fuente de recreación (deportes acuáticos) (900 Chalets fin de semana).
- e) Fuente económica (turismo, pesca) 250 pescadores en la región.
- f) Especies dominantes: guapote 58%, mojarra 37%, tilapia 5%.

## 2. CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL EN EL LAGO DE AMATITLÁN

### 2.1 Principales factores de la contaminación industrial

Como consecuencia del crecimiento de la población urbana, se han suscitado los siguientes factores de contaminación.

- a) Falta de movimiento de agua y entrada de agua fresca ya que la parte occidental recibe la descarga de las aguas negras o residuos municipales provenientes de la ciudad capital y municipios aledaños y el estancamiento en la parte oriental por la construcción del relleno para paso del ferrocarril hace más de cien años.
- b) Contaminación industrial.
- c) Mal uso de fertilizantes en la fincas circundantes al Lago que esta contribuyendo al crecimiento de algas en el lecho y ninfa o lirio del sector acuático en la superficie que deteriora el ambiente acuático.
- d) Contaminación subterránea por la absorción de nutrientes y químicos principalmente del sector industrial de la ciudad Capital y Municipios aledaños, (más de 700 industrias).
- f) Deforestación que ha sido causa de la erosión.

- g) Basureros a cielo abierto (clandestinos) que por escorrentia vierten al Lago.
  
- h) Explotación inadecuada por parte del Instituto Nacional de Electrificación que para mover la planta hidroeléctrica de Jurún Marinalá, le extrae grandes cantidades de agua.
  
- i) Contaminación diversa de asentamientos humanos en la riberas del Lago y chaletas.

La contaminación del lago es tan compleja como complejos son los mecanismos para su recuperación. Deben considerarse aspectos legales, económicos y políticos que no han permitido iniciarse formalmente las medidas necesarias para su recuperación y resguardo, tomando en cuenta que aproximadamente desde 1,934 se han dado voces de alarma sobre el problema, realizándose muchos estudios pero que por los aspectos antes indicados no se ha podido llevar a cabo ninguna acción de fondo.

Es hasta 1,985 cuando se crea el acuerdo gubernativo que dio vida a la AUTORIDAD DEL LAGO DE AMATITLAN.

Conformado por instituciones gubernamentales e iniciativa privada para coordinar con instituciones estatales,

municipales, industriales, agropecuarias, lotificadoras etc. que están localizadas en la zona de influencia del lago, tomen las medidas necesarias en cuanto a la disposición y tratamiento de desechos de cualquier naturaleza.

### 2.1.1. La contaminación del lago de Amatitlán

El ser humano obviamente ha construido y contribuido a entorpecer el equilibrio de la naturaleza y al aumentar la especie humana, también a aumentado su influencia sobre el medio.

Desde hace muchos años se han oído voces de alarma: una de las máximas bellezas de Guatemala se está muriendo, por el descuido de los guatemaltecos. Las voces continuamente no han advertido que si no tomamos medidas inmediatas dejaremos a las generaciones futuras un embalse de aguas negras. Un estanque contaminado de aguas putrefactas que serán fuentes de enfermedades para los habitantes de decenas de kilómetros alrededor.

Actualmente, las aguas del Lago de Amatitlán ofrece un aspecto preocupante de contaminación cada vez mayor, al grado que a dos o tres metros de profundidad no se puede distinguir nada.



Se aprecian en su superficie en su altura máxima indicios claros del avance del proceso de continua contaminación.

Toda el agua está llena de pequeñas partículas visibles que aparecen semillas o residuos de algas marinas, el fondo del lago contiene una enorme capa de sieno y lodo aunque a la distancia las aguas conservan cierta apariencia azulada.

Durante los últimos tiempos se ha observado mucho lirio acuático, conocido como ninfa; que está ocasionando mayor desequilibrio y problemas a las playas públicas, viviendas a orillas del Lago y deteriorando considerablemente el río Michatoya.

El lago de Amatitlán se encuentra ubicado a veintinueve kilómetros aproximadamente, de la ciudad capital. Su menor temperatura es de 18 grados centígrados promedio, la superficie es de quince kilómetros cuadrados con una profundidad media de 18 metros, su altitud es de mil ciento ochenta y ocho metros sobre el nivel del mar, el área de la cuenca tributaria es de trescientos metros cuadrados. Sus características son: físicas, químicas, biológicas de cada parte; la occidental recibe aguas del río Villa Lobos y la descarga del río Michatoya, además, recibe materia por las lluvias y escorrentia causando por la erosión producto de la deforestación de este lago. La parte oriental recibe la

escorrentia proveniente de tierras de uso agrícola y divide el relleno construido para el paso del ferrocarril.

### 2.1.2. La contaminación industrial

La renovación industrial, amplio proceso de mecanización del trabajo que surgió en Inglaterra a fines del siglo XVIII, constituye el fundamento tecnológico de la transición de la manufactura a la gran industria. Rompió el equilibrio que el ser humano mantenía con la naturaleza, permitiendo un avance insólito al progreso de la humanidad, pero también inauguró una era que se caracteriza por la gran cantidad de desperdicios que produce.

Muchos de estos, son productos químicos a los que no es posible destruir o degradar completamente, los cuales han contaminado al planeta en grados alarmantes, pues su pernicioso efecto se acrecienta cada día sin que su peligro se erradique, dadas las grandes dificultades que presenta reconstruir el equilibrio ecológico indispensable para la vida, cuando éste ha sido roto.

Lo grave a partir de la explosión industrial y urbana del siglo XIX, es que se produce un aumento considerable de esta contaminación y en unas condiciones tales, que las relaciones entre el ser humano y su medio ambiente se encuentran

totalmente alteradas.

A partir de este momento, hemos vivido en una sociedad de extremo despilfarro:

- Despilfarro de espacio a causa de una urbanización desordenada.
- Despilfarro de materias primas debido a una industrialización igualmente desordenada.
- Despilfarro de la naturaleza debido a una indiferencia total y absoluta hacia la evolución de nuestro retorno natural.

Las causas que originan la contaminación fundamentalmente son:

- a) La mala distribución urbana, ya que constantemente tendemos a concentrarnos en las ciudades y que éstas ofrecen muchos atractivos, lo que originan un despoblamiento del área rural.
- b) El consumo irresponsable de recursos naturales sin preocuparse de renovarlos, en el caso de los renovables.
- c) El adelanto tecnológico que elimina especies que juegan un papel muy importante en nuestra vida.

Los efectos de los contaminantes se encuentran en:

deforestación de este lago. La parte oriental recibe la escorrentia proveniente de tierras de uso agrícola y divide el relleno construido para el paso del ferrocarril.

### 2.1.2. La contaminación industrial

La renovación industrial, amplio proceso de mecanización del trabajo que surgió en Inglaterra a fines del siglo XVIII, constituye el fundamento tecnológico de la transición de la manufactura a la gran industria. Rompió el equilibrio que el ser humano mantenía con la naturaleza, permitiendo un avance insólito al progreso de la humanidad, pero también inauguró una era que se caracteriza por la gran cantidad de desperdicios que produce.

Muchos de estos, son productos químicos a los que no es posible destruir o degradar completamente, los cuales han contaminado al planeta en grados alarmantes, pues su pernicioso efecto se acrecienta cada día sin que su peligro se erradique, dadas las grandes dificultades que presenta reconstruir el equilibrio ecológico indispensable para la vida, cuando éste ha sido roto.

Lo grave a partir de la explosión industrial y urbana del siglo XIX, es que se produce un aumento considerable de esta

contaminación y en unas condiciones tales, que las relaciones entre el ser humano y su medio ambiente se encuentran totalmente alteradas.

A partir de este momento, hemos vivido en una sociedad de extremo despilfarro:

- Despilfarro de espacio a causa de una urbanización desordenada.
- Despilfarro de materias primas debido a una industrialización igualmente desordenada.
- Despilfarro de la naturaleza debido a una indiferencia total y absoluta hacia la evolución de nuestro retorno natural.

Las causas que originan la contaminación fundamentalmente son:

- a) La mala distribución urbana, ya que constantemente tendemos a concentrarnos en las ciudades y que éstas ofrecen muchos atractivos, lo que originan un despoblamiento del área rural.
  
- b) El consumo irresponsable de recursos naturales sin preocuparse de renovarlos, en el caso de los renovables.

#### a) CONTAMINANTES DE DEGRADACIÓN RÁPIDA

Son los que al entrar en relación con el medio ambiente contaminan en un tiempo breve, eje.: basuras, aguas negras y microbios.

#### b) CONTAMINANTES DE DEGRADACIÓN LENTA

Entre éstos se pueden señalar aquellos que por su estructura molecular no permiten una transformación inmediata y su efecto nocivo perdura mucho tiempo. Ejemplo: residuos nucleares, insecticidas, fertilizantes, aceites, petroleos, detergentes, smog.

#### c) CONTAMINANTES PSICOPATOGENOS

En este caso se tiene que hablar de todas las manifestaciones que perturban directamente la salud mental del hombre, dañando la estructura orgánica de su sistema nervioso o alterando su conducta. Ejemplo: lo que produce el ruido, angustia, inestabilidad, aprehensión social, fatiga, sordera.

Actualmente, el problema de la contaminación se ha agravado y ha adquirido proporciones dramáticas, tanto por su intensificación como por la extensión geográfica. Antes, las

zonas contaminadas eran muy reducidas con relación a la totalidad de la tierra y lo mismo se puede decir de la contaminación de los océanos.

Es posible que, anteriormente, hubiera en las desembocaduras de ciertos ríos zonas bastante contaminadas, por los desechos industriales. Pero en cuanto nos alejábamos de la orilla, el mar se conservaba con toda su pureza.

El ser humano va camino de envenenar toda la tierra sin dejar ningún posible refugio para una reserva de vida y salud.

La degradación del medio ambiente se ha convertido en uno de los fenómenos esenciales de nuestra civilización. La humanidad se autodestruye.

Hemos vivido mucho tiempo con la idea de que la naturaleza era un bien inagotable, gratuito y eterno. Hoy descubrimos, por el contrario, que la naturaleza no es un bien inagotable sino un bien raro, no gratuito y sí cada vez más caro de proteger, y no eterno, sino temporal, pues es muy frágil y corre el riesgo de desaparecer, llevándose consigo, en esta extinción a la humanidad entera.

### 3.1.3. Tecnología y contaminación industrial

La angustia que provoca el hecho de saber que en cualquier momento el hombre se puede exterminar ha ocasionado en él diversos trastornos, entre los que podemos mencionar: drogadicción, alcoholismo, aumento de criminalidad, etc.

El ser humano sabe que no se encuentra seguro, pues ha perdido la confianza en sí mismo.

Aunque sabemos los efectos positivos de nuestra tecnología, por el momento estamos sufriendo las consecuencias de este adelanto. Lo palpamos a cada momento. Sabemos que nuestra propia sobrevivencia está en juego.

A partir del siglo XVIII surgen nuevos sistemas de producción económicos y sociales que permiten la aplicación de numerosos descubrimientos científicos.

En este caso, tenemos que hablar de los desechos, producto de la actividad del mismo ser humano, y que ha ocasionado mucha contaminación.

La relación ser humano-naturaleza ha cambiado: se racionaliza la explotación de recursos naturales. Ahora ya sabemos que tienen un fin y que debemos conservarlos.



La continua acción del hombre lleva consigo también la emisión de desechos sólidos, líquidos y gaseosos, los cuales tienen que evacuarse, es decir deben tener una salida. Desafortunadamente, al hacerlo, contaminan otros medios. Es esto es lo que debe evitarse.

Modificación de sistemas imperantes, eliminando las funciones particulares de los miembros que los componen. Por el uso de compuestos químicos, el ser humano tiende a modificar artificialmente el medio ambiente. Ocasiona gastos, al tratar los gobiernos de remediar situaciones producidas por la contaminación. Origina conflictos sociales difíciles de resolver.

#### 2.1.4. Fuentes de problemas

La eutroficación de un lago puede ocurrir por causas naturales, pero hoy en día es mucho más frecuente que el proceso sea resultado de causas antropógenas. Las cuencas contribuyen en la mayor parte de la afluencia de los ríos y lagos. Debido a las acciones de las cuencas, los contaminantes de su recorrido y en los ríos y luego en los lagos.

Hay 73 industrias en la región de Amatitlán con capacidad de contaminación químico muy alto.

Además de esto, hay más de 250 industrias que se dedican a diversas actividades productivas. La industria de químicos siempre lleva el peligro no solo de contaminar la tierra y aguas superficiales con materiales tóxicos, sino que también con materiales no tóxicos. En los dos casos, los químicos liberados en el medio ambiente, siempre tienen un efecto dañino. El problema de los químicos es que cada uno tiene su propia "personalidad", es decir que actúan de diferente forma dependiendo de la situación en que se encuentra.

Los químicos pueden ser solubles en agua y el tiempo que tardan en un cuerpo de agua o corriente es corto.

En cambio, los químicos insolubles tardan mucho tiempo en el agua ya que se hunden y quedan sedimentados por un largo plazo. El segundo factor importante es el grado de degradación que tiene cada químico.

Los químicos con un grado alto de degradación duran poco tiempo, y los químicos con un grado bajo, duran mucho. En todos los casos los químicos liberados en el medio ambiente con frecuencia dañan la flora y la fauna.

Las mil industrias agrícolas son probablemente las responsables de la mayoría de los contaminantes orgánicos liberados. Existen 23 fincas de café y algunas ganaderas y

una avícola en la cuenca del río Villalobos o del lago de Amatitlán.

Las fincas utilizan fertilizantes, pesticidas y herbicidas para aumentar y proteger su plantación.

Los pesticidas y herbicidas no tienen efectos fuertes. El ganado y las aves de las fincas aledañas liberan desperdicios en su proceso metabólico en forma de excrementos, y junto a las heces y urea son los fertilizantes más conocidos del mundo.

El ácido úrico contenido en el excremento de las aves, tiene una concentración de nitrógeno tan alto que es difícil disponer o utilizarlo. El material fecal contiene únicamente materia orgánica y cierta cantidad de bacterias. El excremento en cualquier forma se comporta como fertilizante, aumentando el crecimiento de las plantas y de los animales en el lago. Se estima que este tipo de industria descarga 173,000 Kg/año y ésta carece por un factor de 4.6% por año.

Algunos pueblos alrededor del lago usan el río Villalobos para trasladar sus desechos. El lago de Amatitlán recibe aproximadamente el 75% de la descarga total de aguas negras de la ciudad capital. Sin estudios completos es imposible determinar exactamente el contenido de las aguas negras.

La población tributaria, de aproximadamente 1,600,000 habitantes y específicamente los habitantes que viven en la orilla del Lago, representan un porcentaje alto del problema de eutrofización cultural. De una manera u otra los habitantes utilizan el lago.

Los chaletos particulares, por ejemplo, dañan el lago de varias formas. Los detergentes desechados en las casas tienen una alta probabilidad de filtrarse en el agua subterránea y luego en el lago.

La mayoría de los detergentes contienen alguna forma de fosfatos, los cuales son derivados del fósforo y tienen un comportamiento similar.

Los chaletos como los que se encuentran en Amatitlán liberan sus desagües directamente en el Lago y algunos usan fosas sépticas. En ambos casos, la materia orgánica llega al lago y su descarga es liberada directa e instantáneamente.

Los chaletos con fosas sépticas, (cavidades en la tierra, usadas para recibir los excrementos del chalet), necesitan más tiempo para liberar sus materiales orgánicos en el lago es la "vasija" de su cuenca, el agua atmosférica que cae en la misma, termina en el Lago.

La lluvia, por vía de los ríos superficiales o ríos subterráneos, siempre lleva el material que se encuentra en contacto. Los ríos subterráneos en la cuenca que pasan por fosas sépticas arrastran un poco de materia orgánica. Como se explicó el excremento de seres humanos inclusive, puede ser usado como fertilizante. Material fecal del ser humano también contiene una bacteria llamada E.COLI, esta bacteria en altas concentraciones es tóxica para el hombre.

Tabla II. Problemática del lago de Amatitlán

PROBLEMA	CAUSA	EFEECTO	SOLUCION
1.-Inadecuada ocupación del suelo 45% del territorio ocupado, vocación urbana 75%	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Crecimiento urbano desordenado</li> <li>*Pob. 1994 1.2 millones</li> <li>*Pob. 2010 2,220 millones</li> <li>*Poco control Municipal</li> <li>*No tratamiento de aguas negras</li> <li>*Descarga 22 mil. m<sup>3</sup> año aguas negras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Contaminación a las aguas superficiales por descargas domésticas</li> <li>*Deforestación</li> <li>*Pérdida de suelos</li> <li>*Pérdida de infiltración</li> <li>*Generación 250 toneladas de basura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Generar el plan de ordenamiento</li> <li>*Construir sist. de tratamiento de aguas servidas</li> <li>*Incentivar reforestación</li> <li>*Declarar áreas protegidas</li> </ul>
2.-Crecimiento industrial Centralizado El 67% se encuentra ubicado en la zona	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Falta incentivos para descentralización</li> <li>*Facilidad de instalación</li> <li>*Infraestructura</li> <li>*Falta de regulación y aplicación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Contaminación a los mantos acuíferos y aguas superficiales</li> <li>*Falta de calidad</li> <li>*Concentración de mano de obra</li> <li>*Desechos tóxicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Modificar normas existentes</li> <li>*Implementar mecanismos de presión o incentivos para el tratamiento</li> <li>*Incentivos para la descentralización</li> </ul>
3.-Prácticas agrícolas y agroindustriales inadecuadas, se localizan 49 beneficios de café s/sist. de tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Poco interés en la modernización</li> <li>*Desconocimiento de los efectos de la contaminación</li> <li>*Falta de regulación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Eutrofización del lago</li> <li>*Exceso de nutrientes</li> <li>*Degradación</li> <li>*Disminución de oxígeno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Incentivos para la construcción de sistemas de tratamiento</li> <li>*Modificación de normas</li> <li>*Modernización</li> </ul>
4.-Ausencia de educación ambiental y conciencia ciudadana	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Política educativa</li> <li>*Obsoleta, recursos</li> <li>*Poca voluntad política</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Negligencia de todos</li> <li>*Poco interés en los problemas ambientales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Tecnología limpia</li> <li>*Implementar programas estratégicos de conciencia divisional y acercamiento</li> </ul>
5.-Ausencia de una estrategia de desarrollo Nacional que mitigue la presión del crecimiento metropolitano	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Modelo económico de los últimos 50 años</li> <li>*Ausencia de una política de desarrollo Nacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Concentración de población, en la ciudad, migración, búsqueda de mejores condiciones de vida</li> <li>*Exigencia de servicios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Implementar la estrategia de desarrollo 97-2000</li> <li>*Descentralización y desarrollo Industrial</li> <li>*Focos de descontento</li> </ul>

### 2.1.5 Origen y naturaleza de los productos contaminantes

Aunque la contaminación de las aguas puede ser accidental, la mayor parte de las veces deriva de vertidos no controlados de origen diverso. Los principales son debidos a:

- a) **AGUAS RESIDUALES URBANAS:** contienen los residuos colectivos de la vida diaria. Su volumen está en constante aumento, y alcanza, en algunas ciudades, cifras de 600 litros por persona y día, que suponen alrededor de 50 kg de materias sólidas secas por habitante y año.
  
- b) **AGUAS DE ORIGEN INDUSTRIAL:** constituyen la principal fuente de contaminación de las aguas. La mayoría de industrias utilizan el agua en cantidades variables en diferentes procesos de fabricación. Los principales sectores contaminantes son el petróleo, el carbón, las industrias químicas y las derivadas de la celulosa.
  
- c) **CONTAMINACIÓN DE ORIGEN AGRICOLA:** proviene principalmente de ciertos productos utilizados en agricultura (plaguicidas) y de residuos de origen animal. Su origen múltiple se suma a las combinaciones químicas que se producen.

Entre los productos orgánicos que más frecuentes figuran son: aminoácidos, ácidos grasos, ésteres, detergentes aniónicos, aminas, amidas, etc.

Entre los productos orgánicos están numerosas sales disueltas en forma de iones: sodio, potasio, calcio, manganeso, cloruro, nitrato, bicarbonato, sulfato y fosfato.

**EFFECTOS:** el poder de biodegradación de las aguas es grande, pero si la concentración de sustancias orgánicas y químicas supera ciertos límites, las aguas no pueden regenerarse bajo los efectos de la acción de las bacterias y otros organismos descomponedores. La vida desaparece y los ríos y lagos se convierten en cloacas abiertas.

Los productos de tipo industrial vertidos en los ríos causan verdaderos estragos en las comunidades acuáticas. Sus efectos se aprecian particularmente en los peces. Se ha podido comprobar que muchas sustancias ácidas, sulfuros, amoníaco, etc., paralizan las reacciones bioquímicas y provocan la muerte del animal.

El aumento de temperatura de las aguas, que supone al mismo tiempo un aumento en el consumo de oxígeno, puede amenazar seriamente la vida acuática; la creciente utilización de agua por industrias (siderúrgicas, papeleras, etc.), aumenta cada día más dicho peligro.



El problema de la contaminación de las aguas no afecta solamente al hombre y a los animales acuáticos, sino que constituye una preocupación cada día mayor para las propias industrias, que se ven obligadas a utilizar aguas contaminadas río arriba, incompatibles con ciertos tipos de instalaciones industriales. El industrial que contamina las aguas puede ser así una de sus primeras víctimas. Entre los agentes contaminantes del agua, que pueden ejercer efectos tóxicos en el organismo, cabe citar los siguientes:

a) **NITRATOS:** su presencia en el agua es generalmente inferior a 5 mg/l, pero pueden estar presentes en cantidades mayores en aguas subterráneas. El consumo de agua con un elevado porcentaje de nitratos puede originar metahemoglobinemia infantil (presencia de metahemoglobina-producto de la oxidación incompleta de la hemoglobina en la sangre).

b) **FLUORUROS:** son elementos esenciales del agua de bebida y desempeñan un importante papel en la prevención de la caries dental, pero su concentración elevada puede producir la fluorosis endémica crónica, cuyos síntomas son la presencia de los dientes de los niños de manchas de color amarillo parduzco o casi negro.

c) **METALES TOXICOS:** el arsénico ha sido hallado en ciertas aguas de consumo de América Latina, pero su presencia en aguas superficiales, es, en general, muy débil. El mercurio puede estar presente, en algunos casos, en aguas dulces, en débiles concentraciones. El selenio, en ciertas zonas seleníferas, puede llegar a alcanzar concentraciones de hasta 300 mg/l y sus efectos son nocivos en los animales y en el hombre. El plomo suele estar presente en las aguas de bebida en proporciones de 0.01 a 0.03 mg/l y su presencia puede ser debida a la utilización de cañerías de dicho metal.

Con respecto al cadmio, se han medido concentraciones entre menos de 1 mg/l y más de 10 mg/l en aguas destinadas al consumo; su presencia puede derivar de residuos industriales o de la utilización de cañerías de plástico.

d) **PLAGUICIDAS:** desempeñan un papel muy importante en la polución de las aguas continentales y son muy nocivos para los animales. Nos ocuparemos de ellos más adelante.

f) **HIDROCARBUROS:** numerosos hidrocarburos, como el 3-4 benzopireno son frecuentes en aguas contaminadas como consecuencia de vertidos industriales, embarcaciones de motor y accidentes diversos.

Aunque son poco solubles en agua, se disuelven fácilmente ante la presencia de otras sustancias, del tipo de los detergentes.

f) **DETERGENTES ANIONICOS:** los residuos que entran en la preparación de los detergentes sintéticos y que producen grandes cantidades de espuma en ciertos ríos, tienen efectos muy nocivos sobre las comunidades acuáticas. La introducción en estos últimos años de detergentes biodegradables ha contribuido a la disminución parcial de dicho riesgo.

g) **RADIOACTIVIDAD:** la existencia de radioactividad natural en el agua no provoca por lo general, efectos negativos sobre la salud humana. Por el contrario, la contaminación por residuos radioactivos puede tener efectos graves para la salud.

Los efectos de la contaminación de las aguas dulces sobre la salud humana preocupan cada día más en todos los países.

Recientemente, se han establecido criterios y normas internacionales sobre la potabilidad de las aguas.

Las normas internacionales para el agua potable (Organización Mundial de la Salud, 1972) fijan cinco parámetros de calidad de las aguas:

1. Contaminantes biológicos
2. Contaminantes radioactivos
3. Sustancias tóxicas
4. Sustancias químicas nocivas para la salud
5. Las características físicas propias del agua potable

Desde el punto de vista bacteriológico no se admite la presencia de ningún microorganismo coliforme en muestras de 100 ml de aguas tratadas mediante cloro u otros procedimientos, para aguas no tratadas químicamente, ninguna muestra de 100 ml ha de contener bacterias de origen fecal del tipo *Escherichia coli* y se puede tolerar ocasionalmente la presencia de hasta 3 microorganismos coliformes en 100 ml.

Para las sustancias químicas tóxicas y otras sustancias que presentan peligros para la salud, la Organización Mundial de la Salud ha fijado las siguientes concentraciones máximas tolerables en aguas destinadas al consumo. No existen datos sobre la concentración límite. La toxicidad se evalúa sobre la base de la dosis diaria ingerida.

Tabla III. Producción de desechos por rama industrial del lago de Amatitlán

Tipo de Industria por producto	Cantidad	Desechos Producidos	Disposición
Químicas	193	Lodos de hidróxidos metálicos, sales con cianuro, nítricos, óxidos e hidróxidos de zinc, manganeso, cromo III y VI y otros metales pesados; amoníaco, fenoles, peróxidos orgánicos no halogenados como acetona, etilenglicol, benceno, tolueno, xileno, metanol, bencinas, petróleo y alcoholes; lodos de pinturas y barnices, pagamientos y resinas no endurecidas, plomo, aceites con plomo, emulsiones bituminosas y de aceite. Residuos de la refinación de aceites usados, lodos con fenoles, mercaptanos, glicerinas, residuos de alquitrán.	Tratamiento físico-químico y relleno de seguridad
Alimenticias	121	Residuos de aceites, emulsiones de aceites y grasas, aserrines empapados de aceites, filtros de papel empapados de aceites, gasas empapadas de aceites, material de embalaje contaminado o con restos de contenidos nocivos, lodos embebidos de aceites.	Planta de incineración especial y relleno de seguridad
Metales	59	Hidrofluoruro de amonio, lodos galvánicos con cianuro, cromo VI, cromo III, cobre, zinc, cadmio, níquel, plomo, cobalto, estaño, sales para endurecimiento del acero, óxidos e hidróxidos de zinc, manganeso y cloruros y sulfuros con metales.	Tratamiento físico-químico y relleno de seguridad
Textiles y Lavanderías	214	Hipoclorito de sodio, lodos de lavanderías, lodos de teñidos de textiles, paños textiles empapados con residuos peligrosos, filtros textiles con residuos peligrosos	Planta incineradora especial y relleno de seguridad
Plástico, hule y caucho	44	Residuos plásticos no endurecidos, ablandadores halogenados, ablandadores no halogenados, dispersiones y emulsiones de plástico o caucho con solventes, lodos de plástico o caucho con solventes y emulsiones de latex	Físico-químico, planta de incineración especial y relleno de seguridad especial.
Yeso, Cerámica, Vidrio	13	Compuesto con arsénico y cal arsénico	Físico-químico, planta de incineración especial
Madera (Químicas)	12	Salas de impregnado de madera, hipoclorito de sódio, alcalis sulfúricos	Planta de incineración especial y relleno de seguridad
<b>TOTAL</b>	<b>656</b>		

Tabla IV. Desechos orgánicos

INDUSTRIA	CARGA ORGÁNICA DE DBO EN KG/DIA	EQUIVALENTE POBLACIONAL
Alimentos y bebidas	53.45	8250
Textiles	6.47	600
Curtiembres	4.04	24956
Papel cartón	5.93	15700
Prod. y sust. Quim	3.85	400
Beneficios de café	34361.78	7000
Rastros	1964	8500
<b>TOTAL</b>	<b>36.399.52</b>	<b>65406</b>

### 2.1.6 Los desechos sólidos, la salud y el medio ambiente

Se define como residuos sólidos a todos aquellos materiales sólidos o semisólidos que son descartados por la naturaleza o por las actividades de la sociedad y que no teniendo una utilidad inmediata se transforman en indeseables.

Dentro de la definición anterior pueden hacerse varios tipos de clasificaciones. Entre ellas:

#### a) POR SU ORIGEN EN:

##### Desechos sólidos naturales

- Hojarazca
- Polvo y tierra
- Ceniza volcánica
- Otros

##### Desechos sólidos producidos por el ser humano

- Urbanos
- Industriales
- Especiales y peligrosos
- Mineros
- Agrícolas
- Otros

**b) POR SU COMPOSICIÓN QUÍMICA EN:**

- Orgánicos
- Inorgánicos

**c) POR SU INCINERABILIDAD EN:**

- Combustibles
- Incombustibles

Existen muchas clasificaciones según el objetivo que se busque, como por ejemplo: se pueden dividir según su peligrosidad, radioactividad, fluidez, humedad, etc. A su vez, cada subclasificación puede subdividirse; por ejemplo, las basuras urbanas podrían clasificarse en domiciliarias, de vía pública, de mercado, de hospitales, de comercios, de industrias, etc.

En un país, es importante definir las políticas nacionales que se seguirán y las instituciones que se encargarán de reglamentar y controlar el problema y de planear, programar y ejecutar las acciones pendientes a mejorar. Deberían establecerse los mecanismos para ligar las acciones de las instituciones responsables a nivel nacional, regional y local.

Generalmente, las responsabilidades normativas, de promoción, de control y de coordinación a nivel nacional



deberían caer en diferentes ministerios o en el del medio ambiente, cuando existe. En Centroamérica, a nivel de operación urbana; generalmente, los departamentos de limpieza las municipalidades son unidades ejecutoras. En Guatemala, la comisión gubernamental de referencia del medio aunque es interministerial, está abocado al Ministerio de Gobernación (llamado anteriormente del Interior).

Rara vez existen normas para vigilar y controlar, por ejemplo, los residuos industriales, mineros y otros desechos especiales y peligrosos.

#### 2.1.7 Tipos de contaminantes

Dentro de la cuenca del lago de Amatitlán se han logrado identificar las principales fuentes de contaminación las cuales tienen como receptor final el lago de Amatitlán. Dentro de las fuentes de contaminación tenemos:

- a) Desechos líquidos municipales (aguas negras)
- b) Desechos sólidos municipales (basuras, degradables no bio degradables)
- c) Desechos líquidos industriales (efluentes industriales)
- d) Desechos sólidos industriales (lodos, escorias, aserrines, grasas, etc.)
- e) Contaminación agro industrial (desechos agrícolas, aguas

musilaginosas, niveles producto del proceso de elaboración de azúcar).

Pesticidas, fungicidas, abonos sintéticos.

El 86% de la contaminación es por desechos sanitarios municipales.

El 14% de la contaminación es por proceso industrial.

En calidad y peligrosidad es más importante la industrial ya que contiene elementos tóxicos peligrosos (metales pesados, grasas, ácidos, etc).

#### 2.1.8 La eutroficación

Es el proceso de sobreproducción de algas y macrofitas en cuerpos de agua que pueden producir problemas en ciertos usos aunque es un proceso que, en forma lenta puede tener un origen natural, ahora es fundamentalmente, de carácter cultural acelerado por el aporte, de desechos.

La eutroficación de lagos, como Amatitlán presenta un riesgo para los habitantes y para las personas que lo utilizan como un lugar de recreo. Estas personas deberán cuidar el lago.

Usando uso de estudios previos y actuales, se harán comparaciones entre su condición y los últimos progresos.

#### 2.1.9 Factores que contribuyen al proceso de eutroficación

El lago de Amatitlán hace más de cincuenta años, está en un proceso de eutroficación acelerado por variadas razones. Es muy posible que el lago estuviera eutroficado desde hace más de 100 años pero el problema de ahora es como controlarlo, o por lo menos como disminuir su proceso. La turbiedad obscurece el agua, haciendo difícil la subsistencia de plantas acuáticas y peces intolerables a la sombra, y hace que las especies tolerables a la sombra, vivan adecuadamente; siendo características estas especies de un lago eutroficado.

Químicos como nitrógeno y fosfato en sus varios derivados tienen la responsabilidad de aumentar el proceso de eutroficación en Amatitlán. Las formas más comunes de la eutroficación cultural son:

Fertilizantes, excremento de animales y de seres humanos y detergentes. Algas, fitoplancton y zooplancton asimilan el nitrógeno y fosfato naturalmente con su proceso metabólico.

Organismo como estos tienen la habilidad de ampliar sus números geométricamente cuando las condiciones perfectas o casi perfectas se presentan.

**Tabla V. Degradación del lago de Amatitlán perdida de profundidad si no se efectúa un tratamiento inmediato**

AÑO #	AÑO	PROFUNDIDAD
0	1996	18.00 mt
1	1997	17.27 mt
2	1998	16.50 mt
3	1999	15.75 mt
4	2000	15.00 mt
5	2001	14.25 mt
6	2002	13.50 mt
7	2003	12.75 mt
8	2004	12.00 mt
9	2005	11.25 mt
14	2010	7.50 mt
24	2020	0.00 mt

FIGURA 1. EUTROFICACION DEL LAGO DE AMATITLAN

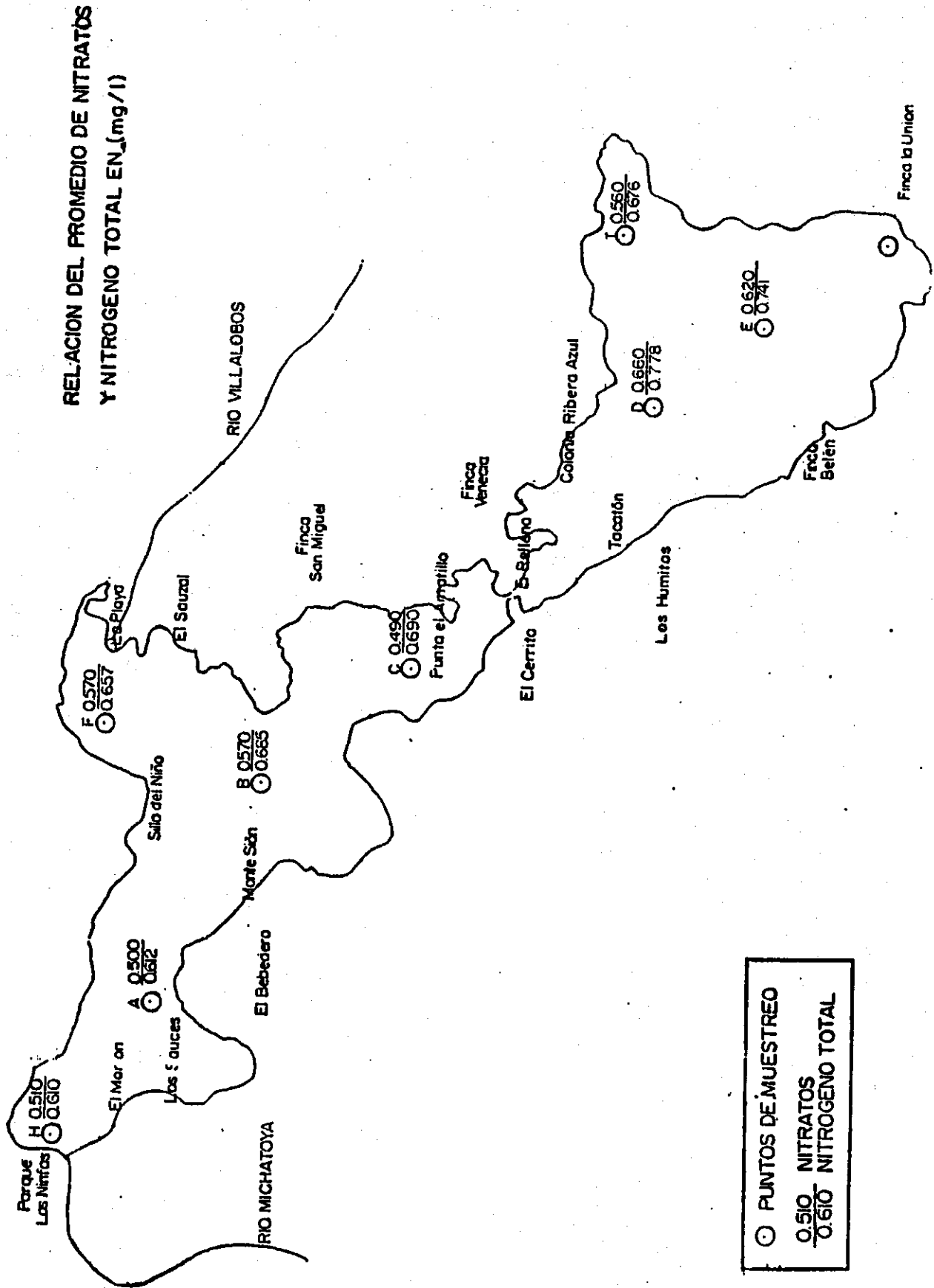
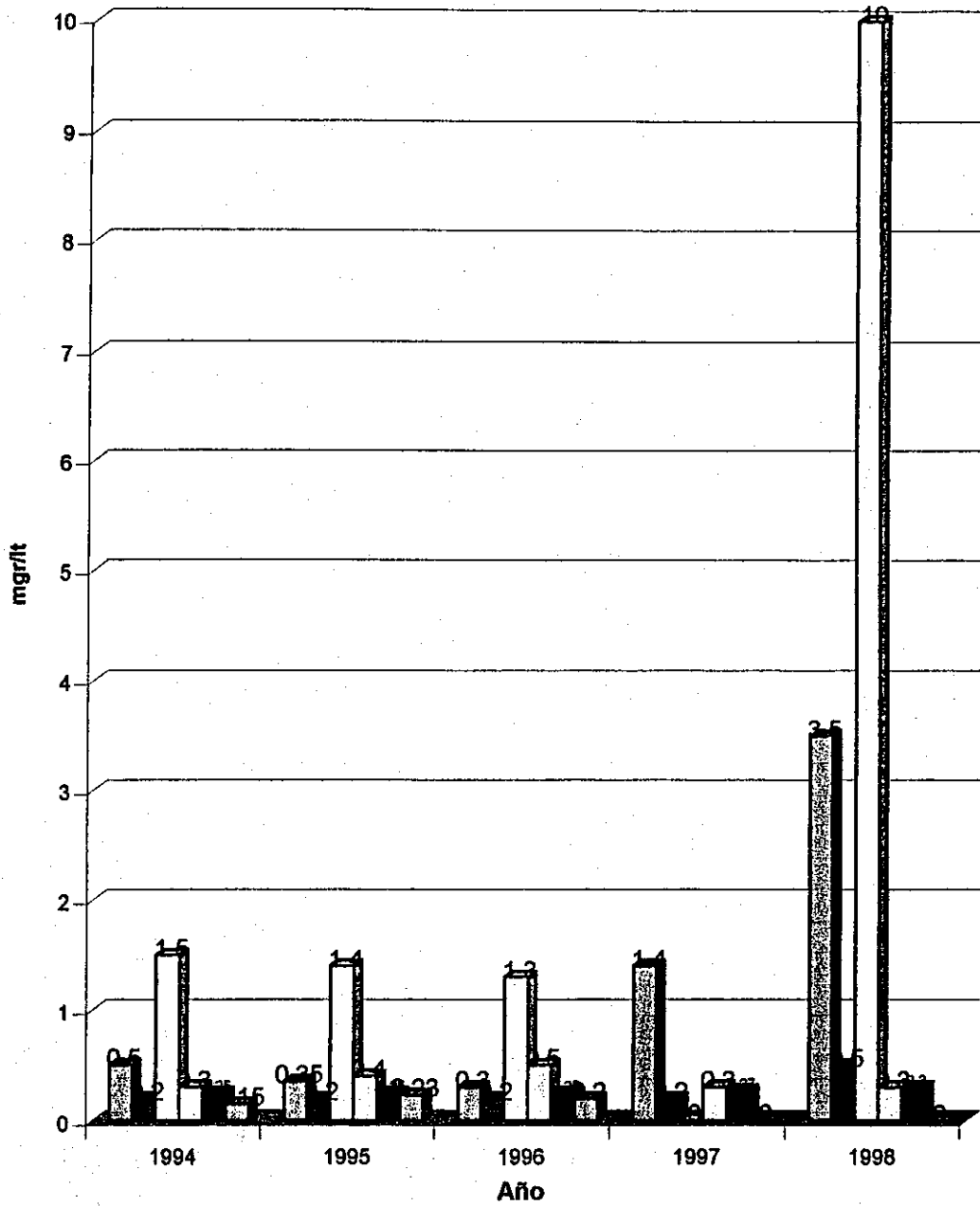


Figura 2. Contaminación Vrs. tiempo en el lago de Amatitlán



■ N TOTAL ■ P TOTAL □ DBO □ SOL. TOT. ■ SOL. DIST. ■ SOL. SUS.

Figura 3. Producción de desechos por tipo de industria

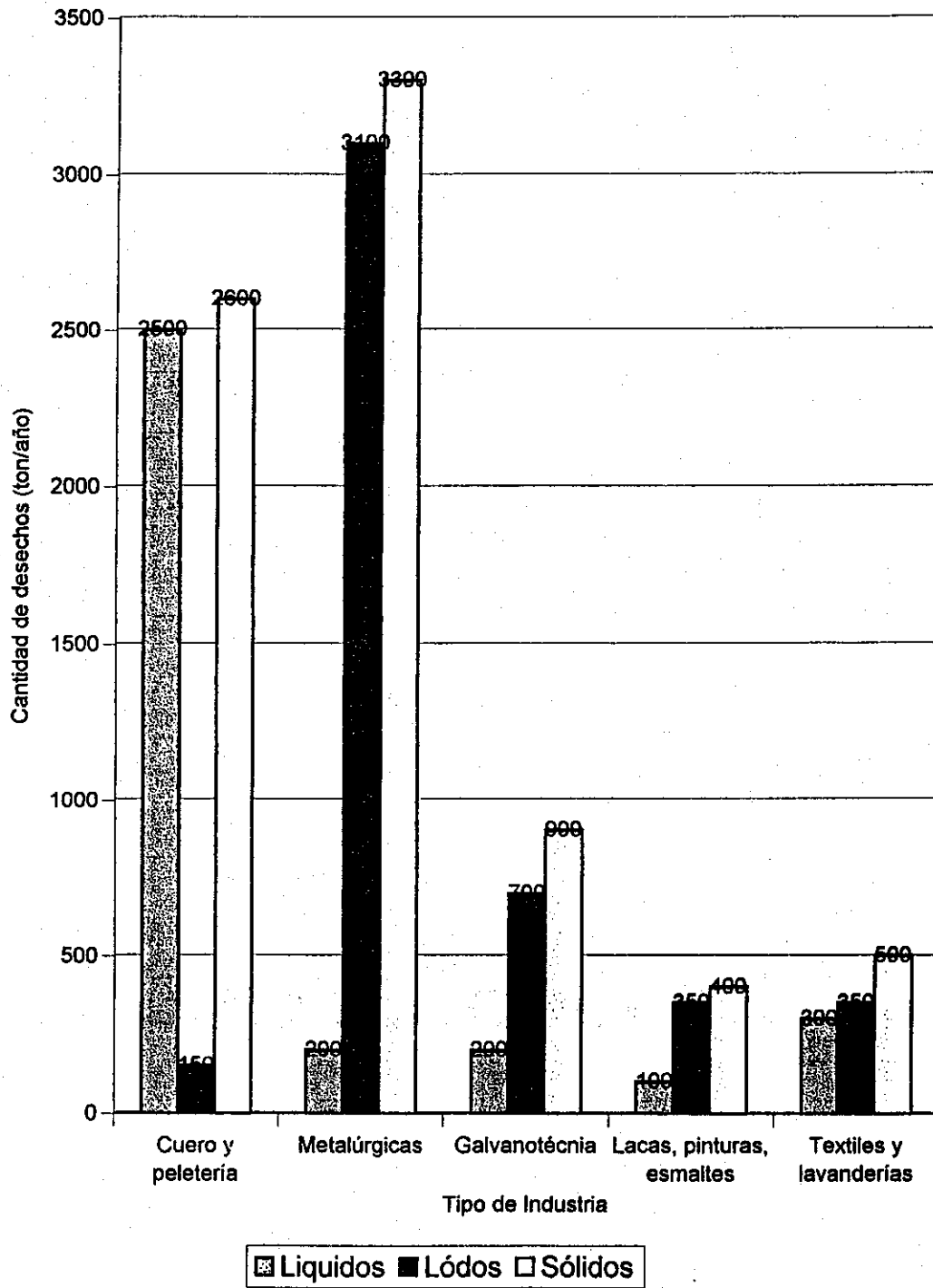
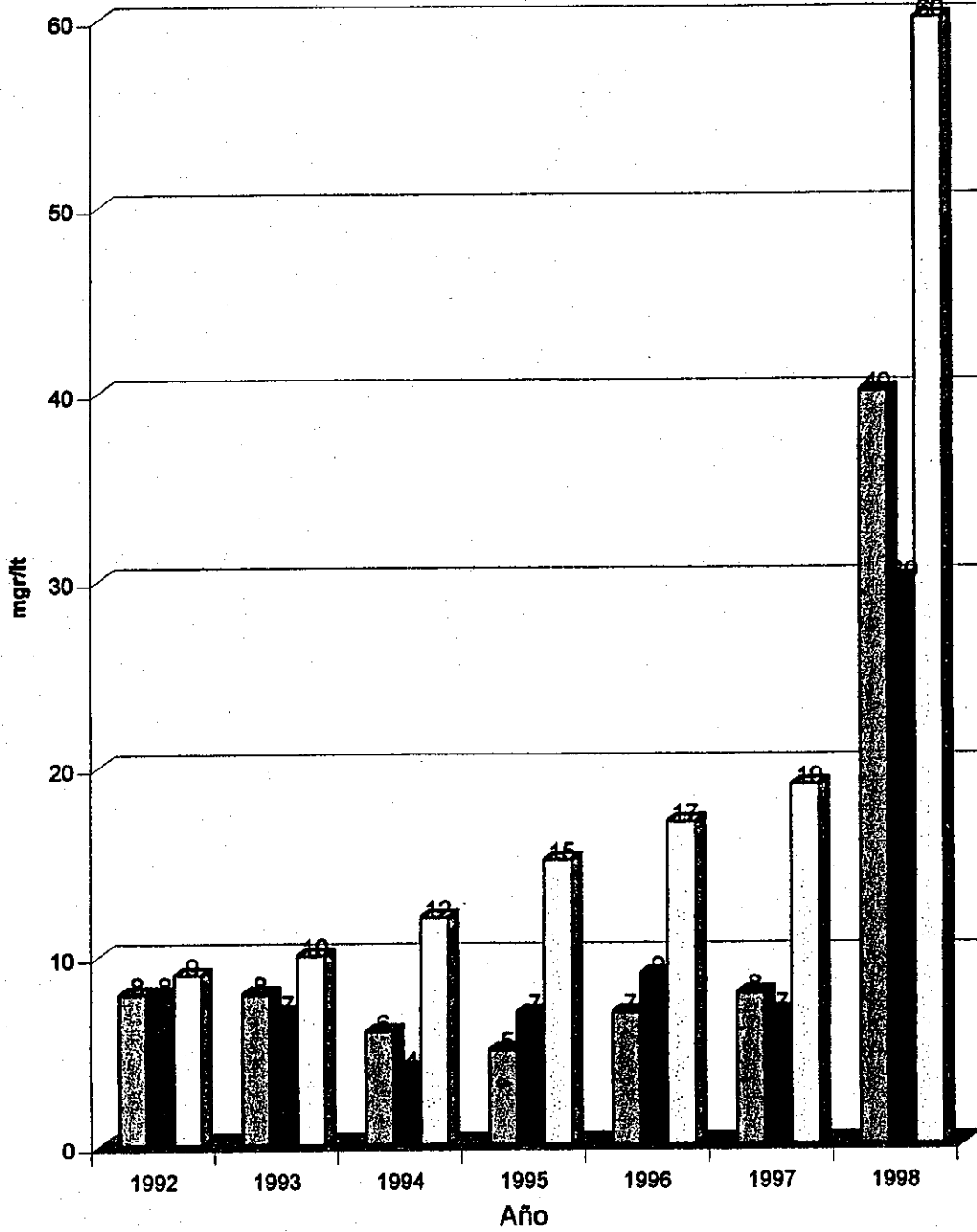


Figura 4. Contaminación Vrs. tiempo  
Río Villalobos



■ N TOTAL ■ DBO □ SOL.SUS.



**FIGURA 5. PROCESO DE DEGRADACION DEL LAGO  
SI NO SE EFECTUA NINGUN TRATAMIENTO**

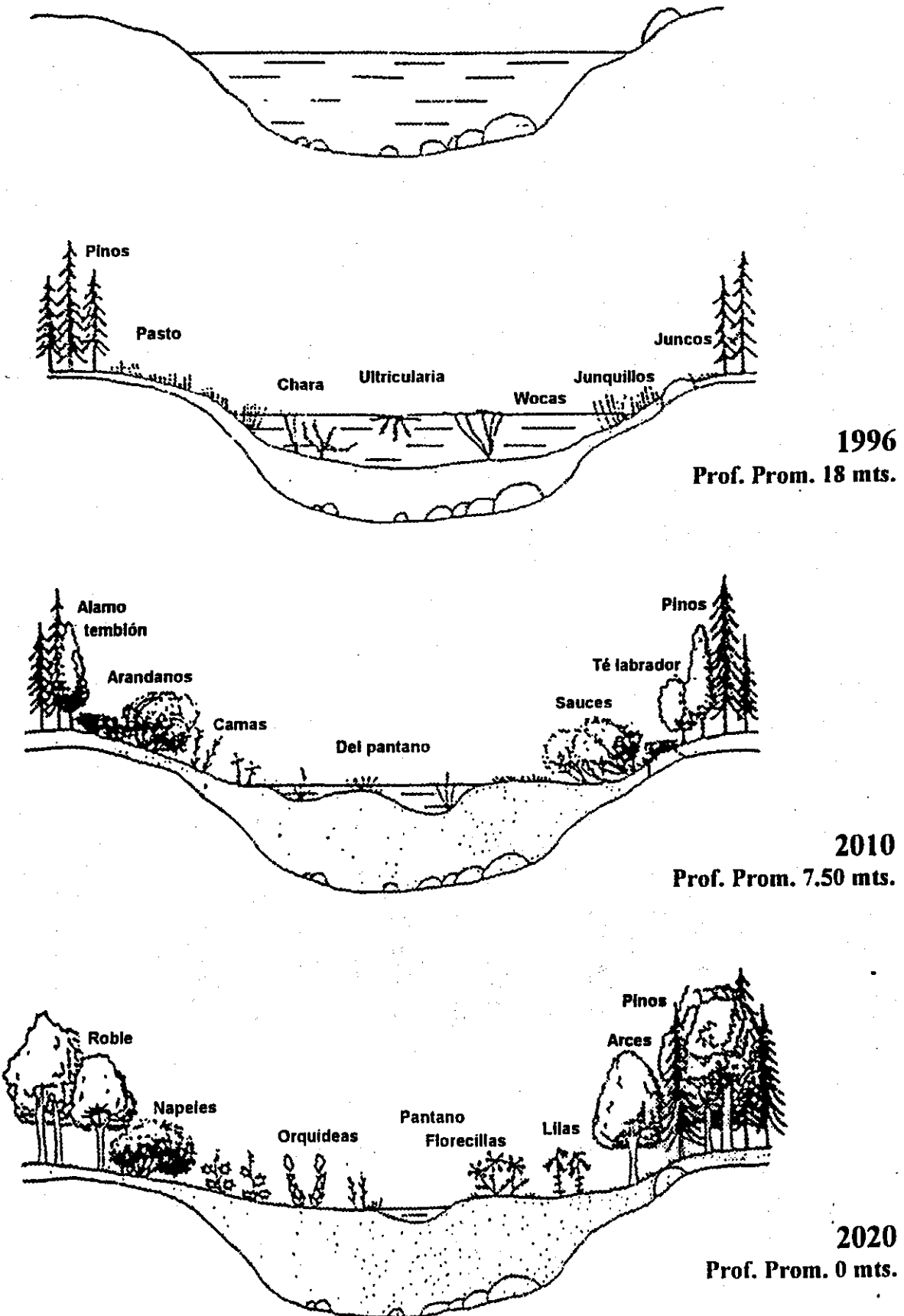


Tabla VI. Industrias de la cuenca del lago de Amatitlán producción de desechos peligrosos

DESCRIPCION	DESECHOS	No. INDUSTRIAS EN LA CUENCA	CANTIDAD DE DESECHOS, T/ANO			TOTAL DESECHOS
			Líquidos	Lodos	Sólidos	
Fabricación de aceites y grasas vegetales y animales	Residuos de aceites vegetales, emulsiones, aceites y grasas, aserrines embebidos de aceite	5	30	115		145
Hilado, tejido y acabado de textiles, fibras sintéticas	Lodos del teñido, filtros textiles, baños empapados de residuos peligrosos	22		250	268	518
Curtidurías y talleres de acabado	Lodos del proceso, desechos con sales y sustancias químicas	3		2523	125	2648
Fabricación de abonos y plaguicidas	Residuos de abonos y plaguicidas	6		50		50
Fabricación de pinturas, barnices y lacas, pinturas de látex y otros	Solventes líquidos, orgánicos, lodos con solventes	6	90	203		293
Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	Residuos de la Industria	18		167		167
Fabricación de jabones, productos preparados de limpieza, perfumes, cosméticos y otros productos de tocador	Desperdicios de ácidos grasos	15		30		30
Fabricación de productos químicos no especificados	Residuos químicos de lavado de equipo, residuos de la industria	12	60	7		67
Industrias de llantas y cámaras	Residuos de caucho	2			345	345
Fabricación de vidrio y productos de vidrio		4				
Industrias básicas de hierro y acero	Residuos con metales pesados no ferrosos	9		217	3132	3349

Tabla VII. Cuenca del lago de Amatitlán, industrias y producción de desechos

No.	TIPO	NUMERO DE INDUSTRIAS	CANTIDAD EN T/AÑO			TOTAL DE	TOT.PROD. RAMA.
			LIQUIDOS	LODOS	SOLIDOS	DESECHOS (T/AÑO)	IND. (T/AÑO)
1	Cuero y peletería	3	0	2523	125	2648	490
2	Metalúrgicas	9	0	217	3132	3349	4505
3	Galvanotecnia	1	200	728	0	928	8824
4	Lacas, esmaltes, pinturas	6	90	334	0	424	3908
5	Textiles y lavanderías	22	0	250	268	518	9030

Tabla VIII. Situación de la producción y utilización de desechos químicos en las industrias de la cuenca del lago de Amatitlán

No.	Tipo de Industria	No. Prod. Químico Materia Prima	Número de Industrias	CANTIDAD DE			Total Desechos (T/Año)	Tot. Prod. Rama Ind. (T/Año)
				Líquidos	Lodos	Sólidos		
1	Galvanotecnia	93	1	200	728	0	928	8824
2	Textiles y Lavanderías	63	22	0	250	268	518	9030
3	Vidrio	53	4	0	0	0	0	23650
4	Yesos y cerámica	120	15					
5	Papel y madera	15	6					
6	Jabón	2	15	0	30	0	30	15480
7	Metalurgías	107	9	0	217	3132	3349	4505
8	Químicos	132	213	12	60	7	79	2726
9	Plásticos	34	33					
10	Lacas, esmaltes y Pinturas	33	6	90	334	0	424	3908
11	Purificación y desinfección	20	0		30		30	
12	Aceites y grasas	8	5	30	155	0	145	14147
13	Abonos y Plaguicidas	12	6	0	50	0	50	4042
14	Cuero y Peletería	19	3	0	2523	125	2648	409
15	Llantas y camaras	37	2	0	0	345	345	26096

## 2.1.10 Cuenca físico-biótica del lago de Amatitlán

### 1. Localización y área

El área de la cuenca se ubica dentro de las coordenadas.  $14^{\circ}23'25''$  y  $14^{\circ}40'25''$  latitudes norte y  $90^{\circ}27'15''$  longitud oeste del meridiano de Greenwich y comprende una extensión de  $381.31 \text{ Km}^2$ .

**Límites:** al norte con la divisoria continental de aguas (calzada roosevelt, Ciudad de Guatemala).

Al oeste con la cuenca del río Achiguate.

Al este con la cuenca del río los Esclavos.

Al sur con el río Michatoya y parte media del río Marialinda, cuencas de la vertiente del Pacífico.

### 2. Hipsometría y fisiografía

La altitud, varía entre 1,200 y 2,500 m.s.n.m. en 80% del territorio y abajo de 1,300 msnm en el restante territorio. La parte alta de la subcuenca del Lago de Amatitlán es escarpada con mesetas planas; la parte media es de escarpada a ondulada y la parte baja es de ondulada a plana.

### 3. Precipitación pluvial

El promedio de precipitación en el año 1997 fue de 1,500 mm.

#### 4. Evapotranspiración

Promedio de 900 mm al año

#### 5. Temperatura

Promedio entre los años 80 y 86 es de 20.4°C.

#### 6. Brillo solar

Conforme datos del INSIVUMEH el número de horas de brillo solar es de 1,716 horas por año y como promedio mensual 180 horas/sol. Se reporta 18.6 MJ/m<sup>2</sup> de producción energética lo que equivale a 1.58 calorías/cm<sup>2</sup>, potencial no aprovechado.

#### 7. Humedad relativa

75 a 80%

#### 8. Viento

La dirección predominante del viento es Noreste es un 90% y de sudoeste un 10% con velocidad de 20 a 30 km/h.

#### 9. Zonas de vida

Bosque húmedo subtropical templado (bh-S(t)), al norte y sur del Lago de Amatitlán cubriendo un área de 325 Km<sup>2</sup> o sea, 87% de la extensión de la subcuenca; En ésta se encuentran las microcuencas de los ríos Parameño, San Lucas, El Molino, Platanitos, Villalobos, la mayor parte de la

microcuenca de los ríos Pinula, Las Minas, Tuluja, El Bosque y del lago de Amatitlán.

Bosque húmedo montano bajo (bh-MB) en dos áreas al noreste y noroeste extremos de la subcuenca abarcando el 13% de la zona estudiada, incluye las partes altas de las microcuencas Platanitos, Parameño, San Lucas y el Molino, también una pequeña área al oeste de las microcuencas Pinula, Las Minas y Tuluja.

#### **10. Geología**

Predominan en la cuenca del Lago los sedimentos eólicos fluviales y lacustres con flujos de ceniza, seguidos de la lava basáltica y tobas.

En cuanto a las fallas geológicas, se han identificado 30 de ellas en la subcuenca del lago de Amatitlán, localizándose la mayor cantidad en la microcuenca del río Villalobos seguido del río Platanitos y en el sur del lago.

#### **11. Susceptibilidad a la erosión:**

La mayor susceptibilidad a la erosión laminar se presenta en la microcuenca del río Villalobos 65%, seguido, en orden decreciente por las microcuencas Pinula (59%), las Minas (46%), el Molino (46%) y Platanitos (44%).

La forma de erosión laminar-surcos es más destructiva que la laminar y se encuentra en las microcuencas el Bosque (38%) Parameño (34%), Tuluja (26%) y Amatitlán (16%).

El tipo de erosión más peligrosa es del tipo surco-cárcavas, es altamente degradativa, tiene la característica de ser progresiva y en forma lineal. Se presenta en las microcuencas Tuluja (68%), Amatitlán (58%), Parameño (54%), el Molino (48%).

En términos generales, predomina el área susceptible a erosión severa por cárcavas con grado fuerte 237.44 Km<sup>2</sup> (62%), sigue la susceptibilidad de tipo laminar con grado de ligero a moderado 88.64 Km<sup>2</sup> (23%) y en tercer lugar la susceptibilidad de tipo laminar a un grado de moderado con 33.36 Km<sup>2</sup> (9%). En menores porcentajes están las áreas con susceptibilidad ligera: 15.92 Km<sup>2</sup> (4%) y finalmente las cárcavas de tipo moderado a fuerte, con 8.4 Km<sup>2</sup> (2%).

## 12. Capacidad de uso de la tierra

Predomina la tierra clase VIII 138 Km<sup>2</sup> (37%), área urbana 74 Km<sup>2</sup> (20%), sigue la clase III, 43 Km<sup>2</sup> (11%). En cuarto lugar está la clase VII con 34 Km<sup>2</sup> (9%); en quinto lugar la clase II, 24 Km<sup>2</sup> (6%); con porcentajes inferiores al 5% la clase I, 19 Km<sup>2</sup>, clase VI (18 Km<sup>2</sup>), clase V, 14 Km<sup>2</sup> y clase IV, 12 Km<sup>2</sup>.



Agrupando las tierras que no tienen vocación agrícola, sino que forestal, cultivos perennes, para pastoreo, reservas naturales, parques que son las clases de V a VIII, encontramos que en la subcuenca del Lago de Amatitlán predominan estas últimas, que ya sumadas constituyen un área de 204 Km<sup>2</sup>, aproximadamente el 54% de las tierras.

Las tierras planas, arables, aptas para cultivos anuales sin limitaciones pertenecen a la clase I y II que comprenden 43 Km<sup>2</sup> (11%), las de clase III también abarcan 43 Km<sup>2</sup> (11%), presentan limitaciones, habiendo que seleccionar los cultivos para evitar la erosión o peligro de inundaciones.

Las tierras de clase IV presentan serias limitaciones para cultivos intensivos, constituyen 12 Km<sup>2</sup> (3%) de la subcuenca.

### 13. Uso del suelo

En la cuenca predomina el área correspondiente al proceso de urbanización habitacional: 157.40 Km<sup>2</sup> o sea el 41% del área de la cuenca; sigue el área agrícola: 114.65 Km<sup>2</sup>, equivalente al 31%; en tercer lugar está el área de pastos naturales: 52.23 Km<sup>2</sup>, que constituye el 14% del área de la cuenca, el área de bosque corresponde al 8%, el área del lago al 4% y finalmente el área urbana industrial equivale al 2%.

## 14. Hidrología

### a. Agua subterránea

Se estima que el consumo diario de agua es de 150 lt/hab/día para una dotación normal en nuestro medio, pero el abastecimiento estimado es de  $1.11 \text{ m}^3/\text{seg}$ , por lo que el déficit es de  $1.91 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

En el caso de la industria se estima que consume alrededor de  $1 \text{ m}^3/\text{seg}$  lo que corresponde a  $31,536.00 \text{ m}^3/\text{día}$  lo que equivale a  $81,977.832 \text{ m}^3/\text{año}$ .

La explotación efectuada por las urbanizaciones se estima que es de aproximadamente  $3,000,000 \text{ m}^3/\text{año}$ , sumados el uso municipal privado doméstico e industrial, se tiene al año, estimado de  $84,536.00 \text{ m}^3/\text{año}$  de agua.

### b. Balance hidrológico

En el área de la cuenca cae una cantidad de lluvia de  $500,000,000 \text{ m}^3/\text{año}$ , las áreas de recarga de acuíferos corresponden al 43% y son las áreas agrícolas, bosques y pastos éstas reciben anualmente  $215,000,000 \text{ m}^3/\text{año}$ , siendo la cantidad susceptible de infiltrarse equivalente a  $537,501.00 \text{ m}^3/\text{año}$ , de la cual realmente llega a infiltrarse el 45% estimándose que esto corresponde a  $24,187,500 \text{ m}^3/\text{año}$ .

Las estimaciones indican que para el año 2010 los procesos de urbanización e industrialización habrán avanzado en un 80% quedando el área de recarga restringido al 20%. Este fenómeno reducirá la disponibilidad de agua, que actualmente es cerca de 60% y aumentará la degradación ambiental con consecuencias dramáticas para la salud de la población.

#### **c. Pendientes de la microcuencas**

Las microcuencas que tienen mayor pendiente media son Bosque 17.61% y el Tuluja con 22.79%, las Minas con 20.24%, sigue el Bosque 17.61%, el Parameño que presenta 17.36%, el San Lucas con 16.51%, continuando con el Molino 16.32%.

En cuanto a la altura, la microcuenca del río Molino inicia a 2,800 msnm, el San Lucas a 2,200 msnm, el parameño y las Minas ambos a 1,800 msnm, Tuluja a 1,780 msnm, Finula a 1,700 msnm, El Bosque a 1,600 msnm, el Villalobos a 1,480 msnm y el Platanitos a 1,200 msnm. La altura de la microcuenca indica la mayor o menor velocidad de transporte de sedimentos que los ríos arrastran hacia la desembocadura del Río Villalobos y a Lago de Amatitlán.

#### **15. Características bio-físicas del Lago de Amatitlán**

Se encuentra a una altura de 1,186 msnm con una superficie de aproximadamente 15 Km<sup>2</sup>, una profundidad media de 18 m, longitud máxima de 9.5 Km y un ancho máximo de 3.4 Km. Se

estima que el volumen de agua es de 286 millones de metros cúbicos, de los cuales 174 millones corresponden al epilimnio o volumen superior y 112 millones al hipolimnio o volumen inferior. Las estimaciones indican que la evaporación en ambos lados del Lago es cerca de 100.5 cm al año. La variación del nivel del agua está entre 1.50 a 2.30 metros. La temperatura superficial mayor que se ha reportado de 27.5°C y la mínima de 18°C. La transparencia del agua está entre 17.5 a 2.75 m.

Los sólidos totales varían entre 1000 y 1400 mg/lt. El pH varía entre 6.1 y 7.9. La presencia de cloruros fluctúa entre 100 y 180 mg/lt; el nitrógeno entre 62 y 628 mg/lt. El fósforo está entre 44 y 62 mg/lt., la demanda bioquímica de oxígeno es de 1 a 9 mg/lt. La carga de fósforo y nitrógeno que llega al lago proviene de bosques, pastos y agricultura y corresponde a 930 ton/año de nitrógeno y 15 ton/año de fósforo. Proveniente de la población tenemos 5,219.5 ton/año de nitrógeno y 803 ton/año de fósforo.

#### **16. Contaminación del lago**

Existe contaminación por sustancias tóxicas y peligrosas como metales pesados como: Cromo VI, Plomo, Cinc, Cadmio y otros, venenos como arsénico y cianuros, desechos causticos por detergentes, materias fecales, desechos sólidos (basura) deposición excesiva de sedimentos además de elevadas

cantidades de coliformes totales.

#### 17. Área urbana

74 Km<sup>2</sup>

#### 18. Salud

Población total de la cuenca 1,200,000.

Datos del INE de 1997 indican que el 10% de la población de la cuenca presentaba cuadros de enfermedades infecto-contagiosas y de las vías respiratorias. El hospital Nacional de Amatitlán registró para 1997 que el 80% de presupuesto es empleado en medicina curativa predominando las enfermedades antes mencionadas.

#### 19. Reforestación

En el área de la subcuenca del Lago de Amatitlán se identifican ocho microcuencas principales: Villalobos II con 152.28 Km<sup>2</sup>, Pinula con 48.84 Km<sup>2</sup>, Las Minas con 35.48 Km<sup>2</sup>, El Molino 11.52 Km<sup>2</sup>, El Bosque 6.68 Km<sup>2</sup>, Villalobos I con 9.48 Km<sup>2</sup>, Amatitlán 80.24 Km<sup>2</sup> y Platanitos 54.80 Km<sup>2</sup>. En total estos ríos suman 289 Km lineales. Considerando que las recomendaciones de DIGEBOS indican que 100 metros en cada lado del río deben poseer cobertura boscosa, ésta área corresponde a 57.8 Km<sup>2</sup>.

#### 20. Suelos

Los suelos de la subcuenca del Lago de Amatitlán presentan

un progresivo deterioro de sus características físico-químicas, con pH ligero a moderadamente ácido con reducida estabilidad estructural, capacidad de intercambio catiónico alta, indicativo de suelos químicamente activos, con niveles de saturación de bases, bajo, indicando suelos poco fértiles con bajos niveles de minerales como calcio, magnesio, sodio, potasio, fósforo, en raros casos moderados a altos. Para esta saturación es recomendable un manejo adecuado según las características físico-químicas particulares para cada caso específico.

Tabla IX. Producción de desechos (Cuenca lago de Amatitlán)

Tipo de Industria	C/aprox	Tipo de desechos	Efectos en salud humana	Efectos organismos acuáticos
Textiles	214	1.-Acidos: acético (96%)	1.-Cáusticos sobre la piel y mucosas, ejemplo: la córnea del ojo, inspiración de vapores: pulmonía, bronquitis, edema pulmonar, hinchazón de laringe.	Tóxico por organismos acuáticos, según la dosis pueden ser letales para peces, algas, protozoos, crustáceos microscópicos
Químicos	193	clorhídrico (30%)		
Alimenticias	121	Fluorhídrico (40%)		
Plásticos/Hule, caucho	84	Nítrico (65%) sulfúrico	Ingestión: quemaduras en las vías digestivas, gastroesposmos, vómitos con sangre, pleuritis, peritonitis. Puede ocurrir fallo del sistema circulatorio, shock, destrucción de glóbulos sanguíneos, fallos renales y necrosis.	
Metalúrgicas, Galvanoplásticas Yeso/Cerámica Madera		2.-Metales Pesados	2.-Cáusticos, cauas úlceras, sensibilización y reacciones alérgicas, irritación de las vías respiratorias (neumonía, problemas en el aparato digestivo. Daños en el hígado y riñones, cancerígeno.	Tóxico para algas, invertebrados microscópicos y peces en diferentes concentraciones
	59	Cromo VI (Cr)		
	13	Cinc (Zn)		
	12	Plomo (Pb)		
		Aluminio (Al)		
		Cobre (Cu)		
		Estaño (Sn)		
		Cadmio (Cd)		
		3.-Venenos	3.-Comprobado o con sospecha fundamental de riesgo a las personas. Otros son cancerígenos o con sospecha fundamental de potencial cancerígeno.	
		Cianuros y		
		Arsénico		
		4.- Derivados de hidrocarburos	4.- a) Sustancias teratógenas (pellgrosas para el embarazo) b) Sustancias que requieren protección preventiva en el trabajo	
		a) Clorobenceno		
		Cloroformo		
		b) Dicloro-metano		
		Tetracloroetileno		

Figura 6. Número de industrias por municipio en la cuenca  
(Mixco, Villa Canales, Villa Nueva)

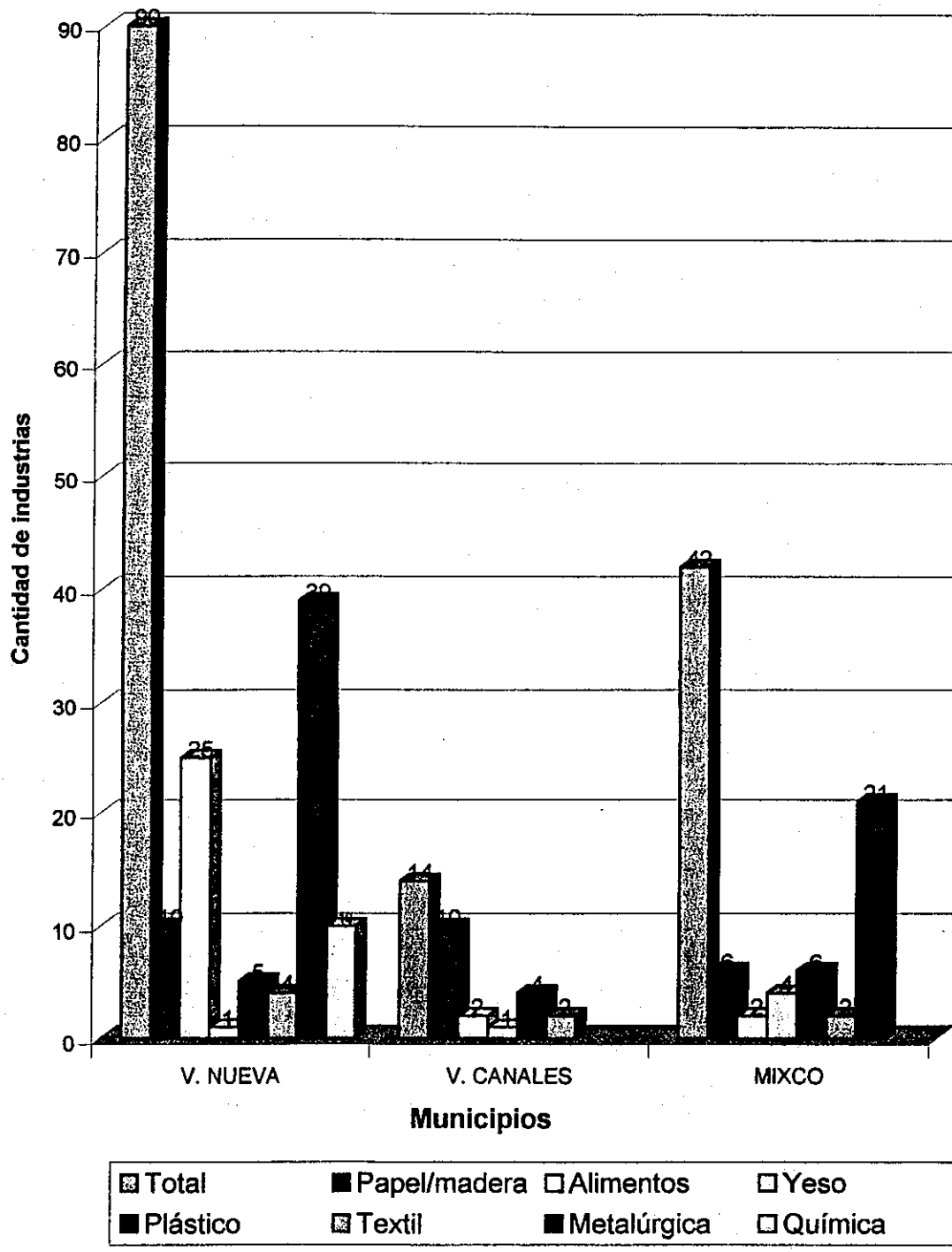




Figura 7. Número de industrias por municipio en la cuenca según rama industrial

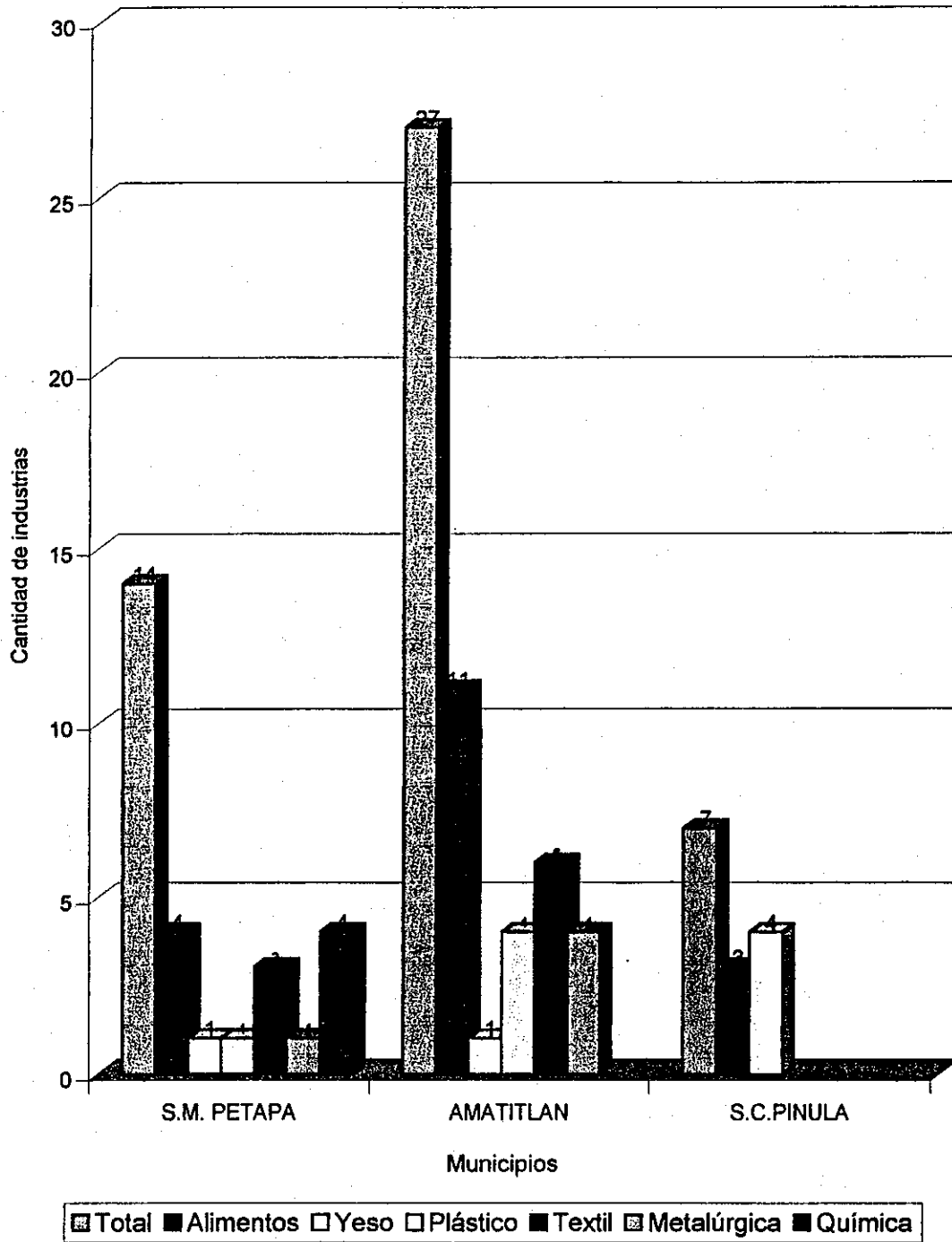


Figura 8. Número de industrias de la capital en la cuenca según rama industrial

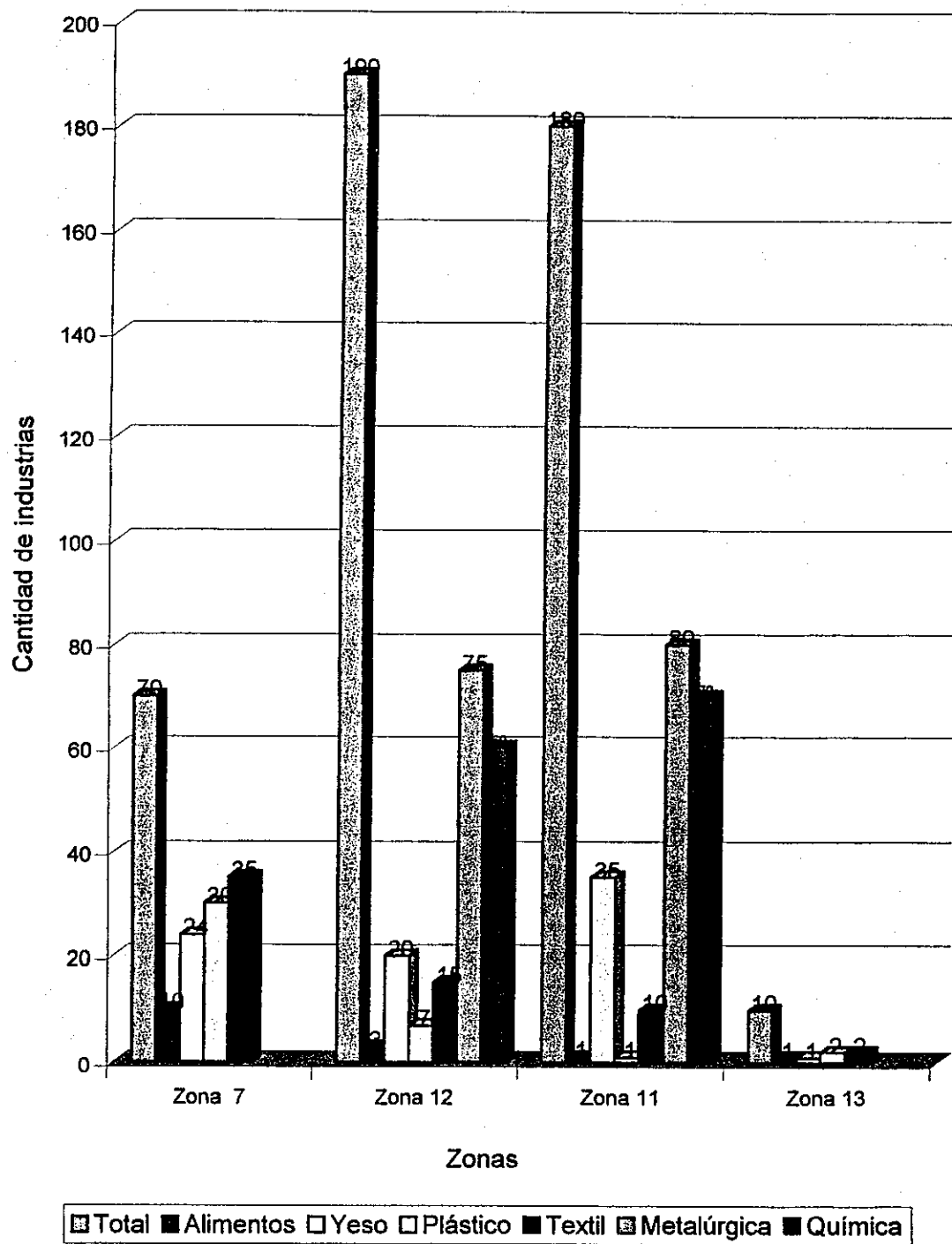


Figura 9. Producción industrial de la capital en la cuenca según rama industrial

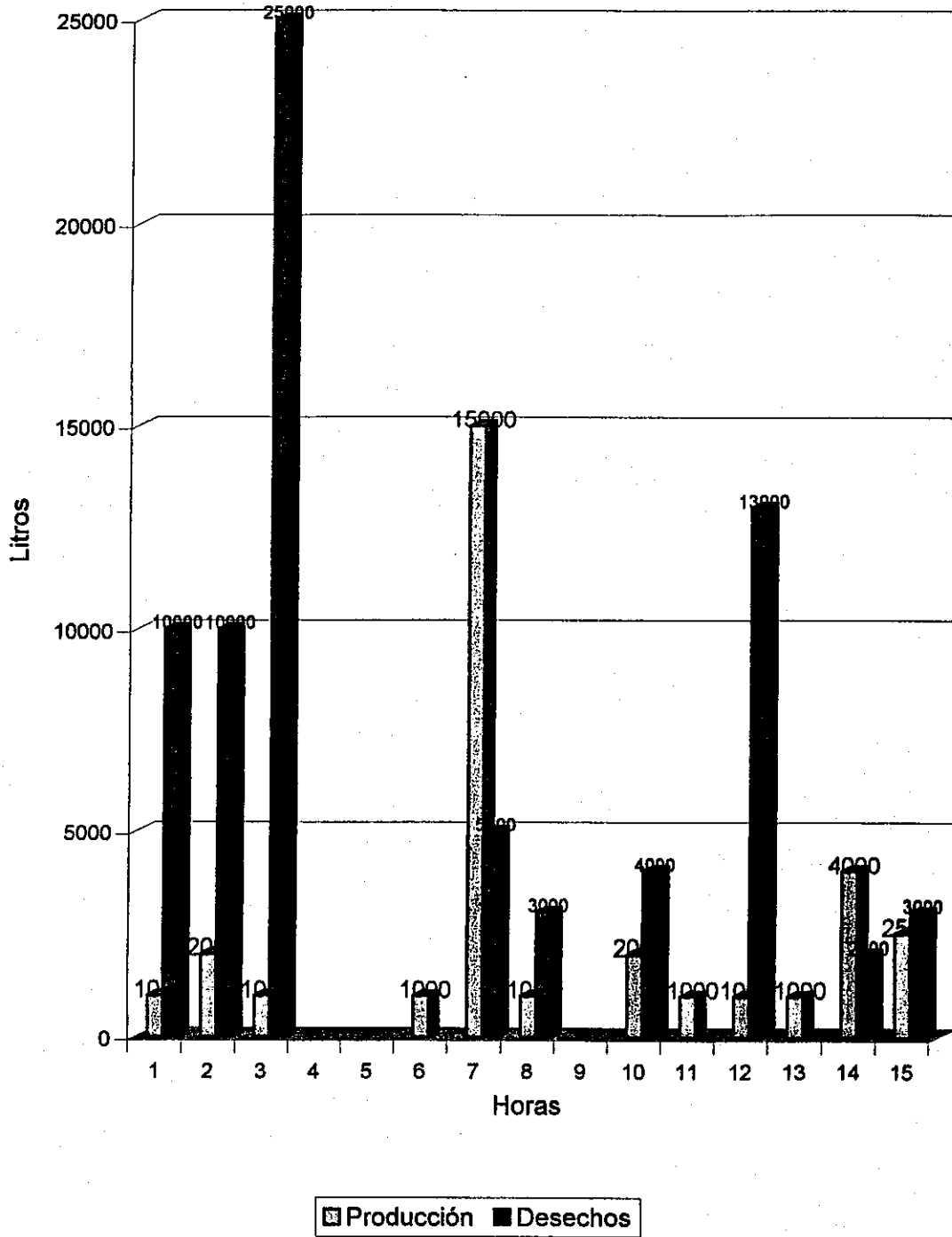
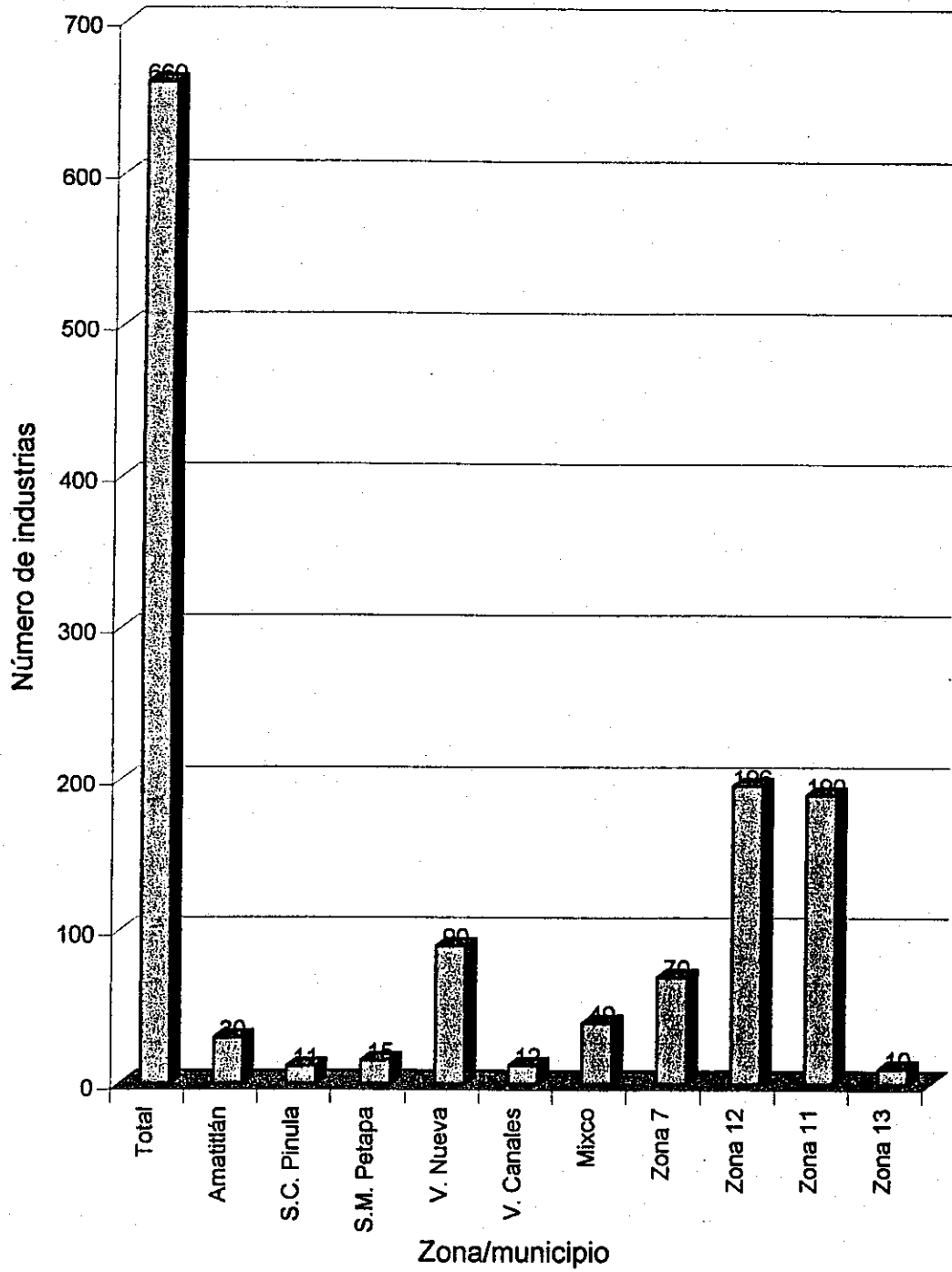


Figura 10. Número de industrias por zona y municipio en la cuenca



### 3. PROBLEMÁTICA Y POSIBLES SOLUCIONES

#### 3.1 Geomorfología

El lago de Amatitlán y su cuenca están contenidos en la región topográfica que forma el Valle de Guatemala. Formado por un terreno de relieve moderado.

Podemos encontrar en el área elevaciones de 2,300 msnm. Conos volcánicos, hasta de 1,280 msnm, de la planicie del Lago de Amatitlán.

La Geomorfología del Lago y su cuenca es el resultado de las deformaciones en la superficie, causadas por agentes naturales de erosión, meteorización y tectonismo: sobre los depósitos volcánicos, sedimentos y cuerpos plutónicos existentes. Estas rocas presentan poca resistencia a la erosión mecánica fluvial, formando así cañones profundos casi verticales de hasta 140 metros de altura que se representan por densas redes dendríticas. Además, las grandes pendientes causan deslizamientos de grandes bloques de las rocas piroclásticas.

El Lago de Amatitlán y su Cuenca, se encuentran afectados directamente por la actividad volcano-tectónica que impera en el Valle de Guatemala. Se presentan rasgos de influencia

por un sistema de fallamiento de Bloques, con rumbo NNE hasta NNO, que forma una serie de bloques levantados y bloques hundidos. En varios lugares el control tectónico de la red de drenaje es evidente. En el perfil longitudinal de los principales ríos (Villalobos), es interrumpido por cataratas con saltos de 1 a 15 metros; provocados por la presencia de rocas resistentes y/o la presencia de fallas con desplazamiento vertical. En los cursos inferiores de los valles de los ríos Villalobos y Finula, se forman planicies de inundación, formada por acumulaciones aluviales que descienden al Este del lago de Amatitlán.

#### **3.1.1. Servicios públicos**

Disponibilidad de redes de energía, agua desagues, sistemas de suministros.

Las industrias destinadas al mercado de consumo (panaderías, pequeños talleres, imprentas y periódicos, etc.) producen, esencialmente, bienes indiferenciados que son altamente competitivos en precio y, por consiguiente, el ahorro en los costos de transporte de los mismos es muy importante. En tal sentido, estas industrias deben ubicarse en un lugar donde la suma de los costos de transporte de desechos líquidos y sólidos, sea mínimo aún cuando esto

implique una erogación en renta mucho más alta que en otras localizaciones.

El agua potable que desemboca en el lago de Amatitlán se obtiene de manantiales y de pozos mecánicos que tienen las Municipalidades de los alrededores del mismo.

### **3.1.2 Donativo del INFOM**

Recientemente, el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), donó a la Municipalidad de Amatitlán un pozo con sus correspondientes instalaciones que suministrará 8000.00 servicios domiciliarios de agua potable en esta población con fondos provenientes del crédito del BID. Oportunamente, sea publicada la memoria del presente período, según informa el departamento de Relaciones Públicas.

### **3.1.3 Comité del Lago de Amatitlán**

Es una asociación cívica, con personería jurídica, apolítico, sin fines de lucro, creada por iniciativa del Club Rotario de la Ciudad de Guatemala trabajando en forma conjunta con el Comité del Lago de Amatitlán.

### 3.1.4 Autoridad del Lago de Amatitlán

Es el mecanismo legal y operativo de coordinación del Estado de Guatemala, a través del cual se pretende adoptar las medidas necesarias y más adecuadas para dar las medidas necesarias y más adecuadas para dar un tratamiento integral a la problemática que presenta El lago de Amatitlán y su cuenca, para rehabilitar el ecosistema del mismo.

La Autoridad se crea con el fin específico de planificar, coordinar y ejecutar todas las acciones del sector público y privado que sean necesarias para preservar el lago de Amatitlán y todas sus cuencas tributarias. Esta entidad fue instituida mediante Acuerdo Gubernativo No. 204-93 con fecha 7 de mayo de 1993, con el objetivo primordial de coordinar acciones y esfuerzos diversos de los distintos sectores involucrados en la gestión ambiental, específicamente destinados al rescate y resguardo de tan apreciado recurso natural básico, que actualmente acusa graves condiciones de deterioro.

Entre los contaminantes, más importantes que afectan a la cuenca del lago están: los desechos sólidos (Basura) y las aguas contaminadas, procedentes de la viviendas, industria y agricultura. Así que deben implementarse medidas para reducir los elementos.



### 3.1.5 Geología

Las unidades de roca existentes dentro de la cuenca y el lago de Amatitlán, fueron afectadas por una historia de formación.

Durante el Albiano (120 millones de años, aprox.) el Valle de Guatemala formó parte de la plataforma carbonatada al Norte de la ciudad. No hubo movimientos tectónicos importantes en esta época.

En el Cenomaniano (100 millones de años, aprox.) el Valle de Guatemala formó parte de la plataforma, expresado por areniscas, limolitas. Se desarrolló vulcanismo contemporáneo y produjo intercalaciones de lavas basálticas.

En el Oligoceno (40 millones de años, aprox.) se inicia una gran actividad volcánica. Las rocas Paleozoicas y Mesozoicas fueron cubiertas por un manto espeso de productos piroclásticos continentales, provenientes de fisuras. Estas de rumbo N-S causaron la formación de Grabens y Horts dentro de la Cuenca, como el Graben que contiene al Lago de Amatitlán. Además, se formaron grandes estrato-volcanes con intercalación de lavas-andesíticas-basálticas y capas de escoria y pómez.

En el área comprendida por la cuenca del lago de Amatitlán, se distinguen cuatro unidades, hidrogeológicas: (Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas 1978.)

- I. Depósitos volcánicos: Cuaternario,
- II. Sedimentos fluvio-lacustres: Cuaternario,
- III. Lavas volcánicas: Terciario,
- IV. Calizas y granitos: Cretácico.

#### **Depósitos cuaternarios:**

Las formaciones de roca volcánicas del Cuaternario, incluyen piedras de lava, depósitos piroclásticos, rellenos y cubiertas gruesas de cenizas y pómez, con cierto grado de consolidación intercolados. Además, sedimentos fluvio-lacustres, que consisten en gravas y arenas estratificadas y clasificadas, con secuencia de laminas de estratos planares muy finos de arcilla, limo calcareo y diatomitas.

#### **Depositos terciarios**

Estas rocas son una serie de Tobas soldadas de composición riolítica y dacítica. Conglomerados y areniscas de grano grueso y limonitas tobáceas forman intercalaciones de tipo fluvial. Los sedimentos están bien clasificados y están estratificados gradadamente. Se estima que este grupo de depósitos pueden tener un espesor de 200 metros. Las orillas

del lago de Amatitlán estan formados por **escarpes** de hasta 350 metros de altura, que consisten en acumulaciones de flujos de lava-andesítica.

### **Depositos cretácicos**

La secuencia de calizas y arcillitas del Cretacico se presentan al Norte de la Ciudad. Esta distribución hace pensar que la ausencia de afloramientos de calizas al Sur de la actual divisoria continental de aguas, se debe posiblemente al movimiento tectónico post-cretacico, sistema de fallas de rumbo NO u O.

En el borde Oriental del lago hay un pequeño afloramiento de granito de biotita de grano grueso, fuertemente fisurado y meteorizado; afloramientos similares se encuentran hacia el este.

### **Depósitos recientes**

Los Aluviones en la Cuenca se concentran en los valles mayores, estos tienen fondos anchos y planos, de donde se acumulan arenas, gravas y limos. El delta del río Villalobos en el lago de Amatitlán representa la mayor acumulación de sedimentos aluviales. Los depositos son arenas limosas y limos arenosos, con intercalaciones de arena clasificadas,

que representan antiguos lechos del río.

### 3.1.6. Minería

Esta actividad consiste primordialmente en la extracción de materiales; exclusivamente, para el uso de la construcción. Los materiales extraídos son Arena (30%), Grava (30%). Basalto para piedrin (30% y Pomez 10%).

La explotación minera es realizada en forma desordenada y no sistematizada, en muchos casos son únicamente explotadas como un aprovechamiento ocasional. La Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas, tiene a su cargo el Control. Otorgamiento y ayuda técnica, de todos los derechos mineros.

Actualmente, se tienen otorgadas 35 Licencias de Explotación, dentro del Area que comprende la cuenca del lago de Amatitlán, y se tiene conocimiento que existen algunas personas que se encuentran explotando en forma ilegal.

### 3.1.7 Legislación del Lago de Amatitlán

Decreto Número 64-96 del Congreso de la República de Guatemala

#### CONSIDERANDO:

Que es deber del Estado velar por la protección de lagos y ríos del país así como un rescate, conservación, desarrollo y aprovechamiento racional, como parte de los recursos naturales, que integran el patrimonio natural de la Nación, emitiendo las disposiciones legales sin afectar el equilibrio ecológico.

#### CONSIDERANDO:

Que el lago de Amatitlán, ubicado en el Departamento de Guatemala, además de ser un vital recurso natural, es un reservorio de agua para las futuras generaciones de la Ciudad Capital, sufre una continua y grave contaminación que requiere la implementación de un plan de manejo integrado del Lago y sus cuencas tributarias, que conllevan a la ejecución de programas y proyectos orientados a garantizar una política coherente para rehabilitar el ecosistema, principalmente el hídrico del Lago en sí, y todo su entorno que, de una u otra manera es determinante para su preservación.

**CONSIDERANDO:**

Que el inadecuado uso del suelo dentro de la cuenca está afectando el equilibrio del ecosistema, especialmente de aquellas zonas de recarga de acuíferos y de cobertura boscosidad, además de ser esta zona, la única fuente de recurso de agua subterránea para consumo humano.

**CONSIDERANDO:**

Que por Acuerdo Gubernativo Número 204-93 de fecha 7 de mayo se creó la Autoridad para el Rescate y Resguardo del Lago de Amatitlán cuya naturaleza, capacidad jurídica, funciones y ámbito de competencia no se encuentran suficientemente definidas en el citado Acuerdo, haciéndose necesario redefinir todos los aspectos para darle mayor potestad, apoyo y protección a la citada Autoridad, por lo que debe emitirse la correspondiente disposición legal que fortalezca su naturaleza jurídica para coordinar acciones concretas en el sector público y privado en la solución de los problemas anteriormente descritos.

**POR TANTO:**

En ejercicio de las atribuciones que le confiere el Artículo 171, inciso a) de la Constitución Política de la República de Guatemala:

**DECRETA:**

La siguiente:

**LEY DE CREACIÓN DE LA AUTORIDAD PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CUENCA Y DEL LAGO DE AMATITLÁN.**

**ARTÍCULO 1. DECLARACIÓN:** Se declara de interés y urgencia nacional en rescate y resguardo del lago de Amatitlán y sus cuencas tributarias.

**ARTÍCULO 2. CREACIÓN:** Se crea como Organismo al más alto nivel, la Autoridad para el manejo sustentable de la Cuenca y el lago de Amatitlán, con el fin específico de planificar, coordinar y ejecutar todas las medidas y acciones del sector público y privado que sean necesarias para recuperar el ecosistema del lago de Amatitlán y todas sus cuencas tributarias.

**ARTÍCULO 3. INTEGRACIÓN:** Para el cumplimiento de sus fines, la Autoridad para el manejo sustentable de la Cuenca y del lago de Amatitlán se integrará de la siguiente forma:

1. **Dirección Ejecutiva:** Emitirá las directrices y mecanismos aplicación del Plan de Manejo sustentable de la Cuenca -PLANDEAMAT-, contará con las dependencias que sean necesarias y que se definirán en el Reglamento que para el efecto se emitirá.
2. **La Representación:** De los distintos sectores que

intervienen en el uso de los recursos de la Cuenca y el Lago de Amatitlán, a fin de que mantengan una coordinación interinstitucional que agilice las acciones y aplicación de normas y reglamentos, estará integrada por un representante titular y un suplente quienes laborarán en forma ad-honorem de las siguientes instituciones.

- a. Gobernador Departamental de Guatemala, quien presidirá la Autoridad.
- b. Vicepresidencia de la República.
- c. El comandante de la Región Militar Guatemala-Sur.
- d. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
- e. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- f. Procuración del Medio Ambiente del Ministerio Público.
- g. Fiscalía del Medio Ambiente del Ministerio Público.
- h. Un representante de las Municipalidades que estén comprendidas dentro del territorio de la Cuenca Tributaria.
- i. Comisión Nacional del Medio Ambiente -CONAMA-.
- j. Comité de Cámaras Agrícolas, Comerciales, Industriales y Financieras, -CACIF-.
- k. Las instituciones no gubernamentales legalmente constituidas, cuyos fines objetivos y funciones estén directamente o indirectamente relacionados con el rescate y resguardo del lago de Amatitlán y sus cuencas tributarias.



**ARTÍCULO 4. JERARQUIA:** Por la forma de integración, la autoridad actuará al más alto nivel, dependiente directamente de la Presencia de la República. Todas las instituciones del sector público y privado que efectúen actividades que puedan afectar el ecosistema del Lago de Amatitlán y sus cuencas tributarias, están obligadas a acatar las resoluciones, ordenanzas, disposiciones sanitarias, resoluciones o disposiciones que dicte la Autoridad del Lago, así como los propietarios de los inmuebles ubicados en las riberas del territorio de la cuenca, la conservación de los recursos renovables y no renovables propios del lago y de las zonas de recarga de acuíferos zonas boscosas.

**ARTÍCULO 5. ATRIBUCIONES:** La autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y del Lago de Amatitlán, queda facultada para planificar, coordinar y ejecutar en coordinación con las instituciones que corresponda, todos los trabajos que permitan rehabilitar el ecosistema de la Cuenca y del Lago de Amatitlán, generando los mecanismos necesarios para lograr sus objetivos. Dentro del plazo de seis meses, elaborará el reglamento que normará sus funciones y atribuciones, el que deberá ser aprobado por medio de Acuerdo Gubernativo, y que deberá regular todo lo relativo a su funcionamiento y régimen financiero.

**ARTÍCULO 6. COMITÉ DE VIGILANCIA:** Se crea el Comité de Vigilancia que tendrá como objetivo coadyuvar en el avance de la ejecución de los proyectos relacionados con el rescate y resguardo del Lago de Amatitlán y sus cuencas tributarias, comprendidas dentro del PLANDEAMAT, canalizando gestiones y denuncias a donde corresponda. Este comité, está integrado por un Coordinador, un Secretario y un Vocal, electos por organizaciones de vecinos de Amatitlán legalmente constituidas, interesadas e involucradas con el rescate y resguardo del Lago. Los cargos serán desempeñados en forma ad-honorem por un período de un año y sus funciones estarán contenidas en el reglamento de la presente ley.

**ARTÍCULO 7. REGÍMEN FINANCIERO:** Para el cumplimiento de sus fines y propósitos, la Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y del Lago de Amatitlán, contará con una partida presupuestaria que le será asignada en el presupuesto general de ingresos y egresos de la Nación, el cual deberá contener los recursos necesarios para su funcionamiento e inversión, podrá así mismo aceptar donaciones, gestionar y aceptar asistencia técnica y financiera nacional e internacional.

**ARTÍCULO 8. FRANQUICIAS:** La Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y del Lago de Amatitlán tendrá franquicia de correos y telégrafos Nacionales. Todos los

documentos que se expidan por cualquier oficina pública o registro a su solicitud, estarán libres de impuestos y no causarán honorarios.

**ARTÍCULO 9. DEROGATORIA:** Se deroga el Acuerdo Gubernativo Número 204-93 de fecha 7 de mayo de 1993 y cualquier otra disposición legal que se oponga a la presente ley.

**ARTÍCULO 10. VIGENCIA:** El presente decreto entrará en vigencia el día de su publicación en el diario oficial.

### 3.2 Antecedentes

La secretaría General del Consejo Nacional de Planificación, SEGEPLAN, a partir de agosto de 1997, viene ejecutando el Proyecto "Fortalecimiento Institucional en la Gestión de Proyectos", el cual es producto del Convenio de Cooperación Financiera No Reembolsable, suscrito entre el Banco Centroamericano de Integración Económica, BCIE y la República de Guatemala, con el propósito de elaborar, entre otros, por lo menos cinco estudios de factibilidad.

SEGEPLAN y la Autoridad para el Rescate y Resguardo del Lago de Amatitlán, ARRLA, suscriben Carta de Compromiso mediante la cual ambas instituciones se comprometen elaborar

cinco estudios de factibilidad con el propósito de descontaminar y resguardar el Lago de Amatitlán, participando el grupo de consultores del Proyecto Fortalecimiento Institucional en la elaboración de las fases financiera, económica, social y administrativa, correspondiéndole a ARRLA la elaboración de los estudios de Ingeniería y diseño final.

SEGEPLAN está consciente de la problemática del lago de Amatitlán y del proceso lógico para el rescate y resguardo del referido recurso es a partir de la realización de un diagnóstico que permita con precisión, determinar las causas y efectos para que posteriormente se identifiquen las posibles soluciones, proyectos, integrando de esta manera un programa de inversiones.

A la fecha ARRLA ya dispone de un diagnóstico, habiéndose identificado un paquete de ideas de proyectos que conforman el programa de inversión, por lo que en la actualidad se vienen realizando cinco estudios de factibilidad y que por limitaciones de carácter financiero, se han integrado en una primera fase, postergándose la elaboración de otros en una segunda fase.

Un aspecto importante que debe señalarse es que para lograr el rescate y resguardo del Lago, es condición necesaria, realizar los estudios de factibilidad que más

adelante se mencionan, ya que los mismos constituyen los instrumentos que indicarán las metas de saneamiento a alcanzar, la población objetivo, los procesos requeridos, el monto de las inversiones, los costos operacionales y beneficios a obtener, los aspectos administrativos e institucionales, los cambios de conducta de la población asentada en la cuenca así como el cronograma de ejecución de los mismos.

Emprender acciones tendentes al rescate y resguardo del Lago sin estudios de factibilidad, constituiría una acción con un alto riesgo, ya que figuraría un elevado grado de probabilidad de que los recursos financieros que se destinan para tal fin, no generen los beneficios esperados, lo que podría representar un alto costo social para el país al no canalizar los recursos financieros a otros sectores como educación, infraestructura vial, entre otros.

En este sentido, los estudios de factibilidad permiten el uso racional de recursos, especialmente cuando éstos son priorizados y obviamente canalizados hacia aquellos sectores que generan tasas de rentabilidad aceptables en beneficio de la sociedad.

### 3.2.1. Problemática

De acuerdo con diagnóstico realizado por la Autoridad para el Rescate y Resguardo del Lago de Amatitlán, ARRLA, la mayor cantidad de contaminación es transportada a través del río Villalobos, el cual lleva un caudal promedio de 731 litros/seg., aportando el 10% de agua al Lago, estando contaminada tanto por efluentes industriales y domiciliarios que provienen de la parte alta de la cuenca, conformada por Mixco, Guatemala, Santa Catarina Pinula, Villa Nueva, San Miguel Petapa y Villa Canales.

Estos municipios están aportando un caudal de aguas servidas de 58,125.48 metros cúbicos por día, equivalente a 0.77 metros cúbicos por segundo, que anualmente representan 21.2 millones de metros cúbicos. Por otro lado, el río Villalobos arrastra anualmente, en promedio, 28,408 toneladas de desechos sólidos.

Estudios efectuados por Energía Nuclear, en 1997 y por ARRLA en 1998, el Lago de Amatitlán ha venido sufriendo un proceso de sedimentación que le resta profundidad al Lago, a tal extremo que al cabo de diez años, ha experimentado una reducción de dos metros.

En concreto, las aguas vertidas residuales de los núcleos urbanos e industriales de la cuenca del lago, han venido incrementando la presencia de sustancias contaminantes como coliformes, pérdida de oxígeno, presencia de nutrientes, de sólidos en suspensión, aceites y grasas, metales pesados y tóxicos (cianuro, arsénico, mercurio, etc.), entre otros, a tal extremo que el lago experimenta un alto grado de eutroficación, es decir, que continuamente se sujeta a un proceso de envejecimiento acelerado. Esta situación es motivo de preocupación en virtud de que si no se toman las acciones pertinentes, la irreversibilidad del lago será inminente, en perjuicio tanto de las generaciones presentes como futuras.

### **3.2.2. Subprogramas y proyectos que integran el programa de inversión**

El proyecto construcción del Laboratorio Limnológico, tiene como propósito servir de control y seguimiento a la ejecución del programa de inversiones a través de la realización de diversos análisis químicos, biológicos y físicos, permitiendo medir el proceso de recuperación y mantenimiento del Lago y obviamente, contribuir con el uso óptimo de las inversiones causadas.

Par el efecto, el proyecto prevé una serie de objetivos

específicos, los cuales se citan a continuación:

- Desarrollar una red de monitoreo de la calidad del agua del Lago y subcuencas tributarias.
- Restablecer las estaciones meteorológicas e hidrométricas existentes para determinar las fuentes de contaminación.
- Establecer las condiciones de eutroficación del Lago en forma permanente y continua, para emprender acciones de corto, mediano y largo plazo.

### 3.2.3. Autoridad para el rescate y resguardo del Lago de Amatitlán programas y proyectos a corto, mediano y largo plazo

#### CORTO PLAZO

1. Programa de concientización ciudadana coordinación industrial, empresas de construcción y lotificadoras, integración municipal e institucional.
2. Programa de educación ambiental, introducción del tema de la cuenca dentro del curriculum estudiantil, capacitación a los maestros.
3. Reestructuración de las Plantas de Tratamientos de aguas negras existentes del BANVI y privadas.
4. Propiciar la construcción de nuevas plantas de tratamiento municipal e industrial.



5. Conseguir el terreno para la construcción de la macroplanta de tratamiento de aguas negras.
6. Seguimiento a todos los convenios interinstitucionales (Insivumeh, Eris, Empagua, Banvi).
7. Continuar con el monitoreo de las aguas, tanto Industriales y otras procedencias.
8. Buscar el mecanismo legal para que las Industrias pretraten sus aguas.
9. Insistir con las autoridades Municipales en la Planificación Urbana.
10. Iniciar la instalación del laboratorio específico para el monitoreo de los afluentes y el lago.
11. Continuar las pláticas a nivel Internacional para recibir donaciones para proyectos específicos.
12. Declaratoria de emergencia Nacional la cuenca y el lago.
13. Implementar el plan de manejo integrado del lago de Amatitlán y sus cuencas tributarias "PLANDEAMAT".
14. Establecer nuevamente la red de monitoreo ambiental en la cuenca.

**MEDIANO PLAZO:**

1. Planificación urbana del uso del suelo, zonificación de áreas homogéneas.
2. Diseño y construcción de plantas de tratamiento de desechos sólidos en la cuenca en forma integral.

3. Implementación de la ley penal del ambiente.
4. Continuar con las negociaciones con SEGEPLAN para el financiamiento de los macro Proyectos.
5. Ejecutar los proyectos de control de contaminación y recuperación ambiental de la cuenca.
6. Conservar las zonas de recarga de los acuíferos de la cuenca.

#### **LARGO PLAZO**

1. Colectorización de aguas negras de las descargas que llegan a los afluentes del lago.
2. Tratamiento del lago como recurso de agua para el área Metropolitana de Guatemala.
3. Disminuir en el mayor grado posible la contaminación que llega al lago.
4. Establecer el modelo óptimo para el manejo integrado de una cuenca, para multiplicarlo en el resto de la República.

#### **3.2.4. Subprograma de desechos líquidos**

Este programa está orientado al saneamiento de las aguas servidas domiciliarias, siendo el medio y el sistema de mitigación, la instalación de plantas de tratamiento.

Los sistemas de tratamiento se dividen en mecánicos, químicos y biológicos, las que tienen como finalidad remover partículas sólidas disueltas o sedimentables y remover también un porcentaje de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Además de lograr una clarificación del líquido por medio de sedimentación.

Un tratamiento primario puede consistir en la construcción de lagunas de estabilización, anaeróbicas, en donde principalmente se logrará la acumulación de lodos y algún porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, pudiendo su efluente descargar hacia un tratamiento secundario.

En el tratamiento secundario pueden construirse algunas facultativas. En este tratamiento se logrará la remoción de agentes patógenos así como la remoción de DBO, logrando también la reducción de bacterias patógenas y la oxigenación de las aguas. Si es necesario obtener aguas mejor tratadas, lo que implica una mayor conversión, puede considerarse, adicionalmente un tratamiento terciario que captará las aguas del tratamiento secundario.

1. Proyecto Planta de tratamiento de Desechos líquidos en el área de la "Doraldina", donde se captará el caudal servido

en la cuenca sur del Municipio de Mixco, ingiriéndole además, los afluentes provenientes de la Calle Mateo Flores, del Zompopero y el de la Colonia Pérez Guisasola.

2. Planta de Tratamiento de Desechos Líquidos en el Municipio de Villa Nueva, en área próxima al curso del río Villalobos y a inmediaciones de la colonia el Renacimiento y el Paraíso. La planta servirá al casco urbano de este Municipio.

#### **3.2.5. Subprograma de desechos sólidos**

Este subprograma está constituido, en esta primera fase del Proyecto de Recolección, Transporte y Disposición de los Desechos Sólidos.

Cabe indicar que los desechos sólidos son comunmente llamados basuras. Básicamente, la composición de estos desechos está integrada por los materiales siguientes: orgánicos, plásticos, textiles, vidrio, metales, cartón y papel. El mayor volumen lo constituye los desechos orgánicos, siguiendo en orden de importancia, el cartón, papel y plásticos y en menor proporción, los metales y el vidrio.

El área de influencia del proyecto es Villa Nueva, San

Miguel Petapa, Villa Canales y Amatitlán, cuya población total asciende a 380,198 habitantes, quienes generan aproximadamente 203 toneladas de desechos sólidos por día. Para el año 2,015 la población esperada será de 815,780 habitantes y la generación de desechos sólidos estimada en 700 toneladas al día.

Actualmente, sólo el 30% de los desechos sólidos es recolectado y dispuesto en un botadero Municipal y el resto es disperso en botaderos clandestinos o quemado.

El proyecto cuyo objetivo general es el de contribuir al resguardo y salvamento del lago de Amatitlán, se orienta a cubrir el 70% de la deficiencia que actualmente posee el servicio, aplicando procesos como recolección y transporte de desechos sólidos; separación de desechos sólidos para reciclaje y relleno sanitario.

### **3.2.6. Beneficios esperados**

Los beneficios que se alcanzarían, una vez que la contaminación del lago haya disminuido a niveles razonablemente permitidos, mediante la ejecución del programa de inversión, serían los siguientes:

a) El lago se constituiría es un reservorio de agua para

cubrir, previo tratamiento de la misma, la demanda de las poblaciones que integran su cuenca. Actualmente, sólo la ciudad capital experimenta un déficit anual de agua de 62.0 millones de metros cúbicos.

b) Se eliminaría la contaminación de sus aguas que constituiría una garantía para la salud de la población asentada tanto en su cuenca como dentro del área de influencia del río Michatoya y por ende una reducción de costos por tratamiento médico, hospitalización y días de trabajo perdidos.

c) Se eliminaría el grado de contaminación de la población piscícola, lo que a su vez permitiría el fomento de la pesca comercial, y por consiguiente de una mayor disponibilidad de proteína animal.

d) Se fomentaría el turismo interno, lo que generaría un efecto multiplicador en las diversas actividades involucradas.

## CONCLUSIONES

1. El municipio de Amatitlán está formado por 16 aldeas y 6 caserios; algunos contribuyen a la contaminación del lago con sus desechos sólidos y líquidos.
2. Entidades y comités están trabajando para el mejoramiento de la cuenca para evitar que el lago de Amatitlán desaparezca en el 2020.
3. El área total de la cuenca es de 390 Km<sup>2</sup> y su área ocupada por agua es de 15.67 Km<sup>2</sup>, su profundidad máxima es de 28 mts y la mínima es de 18.27 mts, su afluente significativo es el Río Villa Lobos y su drenaje significativo es el Río Michatoya, ambos contaminados.
4. Más de 700 fábricas contaminan el lago con desechos sólidos y líquidos.
5. Deben estudiarse y rehabilitarse plantas de tratamiento de aguas negras; en lo que respecta a las industrias localizadas en el Área de influencia, deberán inspeccionarse para que el lago no se siga deteriorando.

## RECOMENDACIONES

1. Publicitar los efectos de los contaminantes para que la población y la industria evite el deterioro del lago de Amatitlán.
2. Que las entidades responsables del cuidado del lago de Amatitlán sea asesorada por personal técnico y profesional para combatir la problemática de dicho patrimonio nacional.
3. Dar tratamientos específicos para los desechos industriales, bajo la supervisión de las autoridades municipales para evitar problemas humanos y enfermedades en las aguas que llegan a dicho lago.
4. Estudiar los factores de localización industrial tomando en cuenta consideraciones geográficas, topográficas y de situación industrial para controlar eficazmente los tipos de desechos que llegan al lago.



## BIBLIOGRAFIA

CACERES, Carlos. La contaminación, suicidio de la humanidad?.  
S.E., México D.F.: Editorial Posada S.A., 1974.

Investigación personal realizada, en la sede de La Autoridad  
Para el Rescate y Resguardo del Lago de Amatitlán.

Estudio de aguas subterráneas, Insuvumeh, 1978.

FERRATE, Luis. Situación ambiental de Guatemala.  
S.E., Guatemala: Folleto Mimeografiado, Curso de Ecología,  
1977.

Folleto para el Rescate y Resguardo del lago de Amatitlán  
División de Educación y Divulgación Desechos sólidos.

PROSHANSKY, Harold y otros. Psicología ambiental, el hombre y  
su entorno físico., México: Editorial Trillas, 1978.

La contaminación. S.E., Barcelona España: Salvat Editores,  
1973.

WEISS, Charles M. Water Quality Investigations. S.E.,  
Guatemala: S.E., 1969-1970.

## APÉNDICES

Tabla X. Porcentaje de descontaminación  
plantas de tratamiento  
cuenca del lago de Amatitlán

PLANTA	% DESCONTAMINACIÓN
MIXCO	16
VILLA NUEVA	0.9
MACROPLANTA	49.86
TOTAL TRATAMIENTO	66.76
SIN TRATAMIENTO	33.24

\* Con base en el volumen de agua a tratar, población y producción de aguas servidas

Tabla XI. Proyección de la contaminación de las aguas por desechos domésticos 1995-2010 en la cuenca del lago de Amatitán

AÑO	POBLACIÓN TOTAL Habitantes	CONSUMO AGUA m3/seg	GENERACIÓN AG.SERV m3/año
1995	1,101,464	1.47	32,450,544
1996	1,146,624	1.53	33,775,056
1997	1,193,636	1.59	35,099,568
1998	1,242,575	1.65	36,424,080
1999	1,293,520	1.72	37,969,344
2000	1,346,555	1.79	39,514,608
2001	1,401,763	1.87	41,280,624
2002	1,459,236	1.94	42,825,888
2003	1,519,064	2.02	44,591,904
2004	1,581,346	2.10	46,357,920
2005	1,646,181	2.19	48,344,688
2006	1,713,674	2.28	50,331,456
2007	1,783,935	2.37	52,318,224
2008	1,857,076	2.47	54,525,744
2009	1,933,217	2.57	56,733,264
2010	2,012,479	2.68	59,131,664

Tabla XII. Características importantes del lago de Amatitlán

CARACTERÍSTICA	AÑO 1998	AÑO 2010 sin tratamiento	AÑO 2010 con tratamiento
Area lago	15.11 km <sup>2</sup>	12.5 km <sup>2</sup>	15.11 Km <sup>2</sup>
Altura promedio	18 mt	7.2 mt	15.4 mt
vol. estimado	271980000 m <sup>3</sup>	108388800 m <sup>3</sup>	232694000 m <sup>3</sup>
Ingreso de aguas servidas	22000000 m <sup>3</sup> /año	59131664 m <sup>3</sup> /año	16476631 m <sup>3</sup> /año
Ingreso sólidos sed./año	566625 ton/año	849937 ton/año	226650 ton/año
Perdida sup/año	4000 ton/año	8000 m <sup>2</sup> /año	1600 m <sup>2</sup> /año
Prod. pesca/año	45 ton/año	18 ton/año	72 ton/año

## ANEXOS

### LOS DIEZ PRINCIPALES AGENTES DE CONTAMINACIÓN

#### ANEXO 1. DIOXIDO DE CARBONO

Generalmente se origina en los procesos de combustión para producción de energía en la industria y en la calefacción doméstica. Se cree que la acumulación de este gas podría aumentar considerablemente la temperatura de la superficie terrestre y ocasionar desastres geoquímicos y ecológicos.

#### ANEXO 2. MONÓXIDO DE CARBONO

La producen las combustiones incompletas, en particular de las siderúrgicas, las refinerías de petróleos y los vehículos de motor. Algunos científicos afirman que este gas altamente nocivo puede afectar la estratósfera.

#### ANEXO 3. DIOXIDO DE AZUFRE

El humo proveniente de las centrales eléctricas, de las fábricas, de los automóviles y del combustible de uso doméstico, contiene a menudo ácido sulfúrico. El aire así contaminado agrava las enfermedades del aparato respiratorio, corroe los árboles y los edificios de piedra caliza y afecta también a algunos textiles sintéticos.

#### **ANEXO 4. DIÓXIDOS DE NITROGENO**

Son producidos por los motores de combustión interna, los aviones, los hornos, los incineradores, el uso excesivo de fertilizantes, los incendios de bosques y las instalaciones industriales. Forman el smog de las grandes ciudades y pueden ocasionar infecciones respiratorias, entre ellas las bronquitis de los recién nacidos.

#### **ANEXO 5. FOSFATOS**

Se los encuentra en las aguas de cloacas y provienen, en particular, de los detergentes y de los fertilizantes químicos utilizados en exceso, así como los residuos de la cría intensiva de los animales. Los fosfatos constituyen uno de los factores principales de contaminación de lagos y ríos.

#### **ANEXO 6. MERCURIO**

Lo producen la utilización de combustibles fósiles, la industria cloro-alcalina, las centrales de energía eléctrica, la fabricación de pinturas, los procesos de laboreo de minas y de refinación y de la preparación de la pasta de papel. Constituyen un grave agente contaminador de los alimentos, especialmente de los que provienen del mar, y es un veneno cuya acumulación afecta al sistema nervioso.

#### **ANEXO 7. PLOMO**

La fuente principal de la contaminación de plomo es una materia antidetonante del petróleo, pero también contribuye a ella las funciones de ese metal, la industria química y los plaguicidas. Se trata de un tóxico que afecta a las enzimas y altera el metabolismo celular, acumulándose en los sedimentos marinos y en el agua potable.

#### **ANEXO 8. PETRÓLEO**

La contaminación es causada por la extracción del producto frente a las costas, su refinación los accidentes de los buques petroleros y la evacuación que se efectúa durante el transporte. Causa daños desastrosos en el medio: destruyen el plancton, vegetación y las aves marinas y contamina las playas.

#### **ANEXO 9. DDT Y OTROS PLAGUICIDAS**

Incluso en concentraciones extremadamente bajas son muy tóxicos para crustáceos. Dado que se les utiliza preferentemente en la agricultura, al ser acarreados por las aguas, causan la muerte de los peces, destruyen su alimento y contaminan la alimentación del hombre. También pueden producir cáncer. Como su utilización reduce algunas especies de insectos útiles, contribuyen a la aparición de nuevas plagas.

## ANEXO 10. RADIACIÓN

En su mayor parte se originan en la producción de energía atómica, la fabricación de artefactos nucleares y las pruebas de armas de este tipo y los buques de propulsión nuclear. Es de gran importancia su empleo en la medicina y en la investigación científica, pero a partir de ciertos pasos puede ocasionar tumores malignos y mutaciones genéticas.