

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ECONOMÍA**

**“CAUSAS ECONÓMICAS Y SOCIALES DE LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO DE
AMATITLÁN Y LOS COSTOS ECONÓMICOS PARA LA POBLACIÓN
ECONÓMICAMENTE ACTIVA, EN EL PERIODO DEL 2000 AL 2014”.**

CARLOS ONAM PEÑA REYNA

ECONOMISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ECONOMÍA**

TESIS

**“CAUSAS ECONÓMICAS Y SOCIALES DE LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO DE
AMATITLÁN Y LOS COSTOS ECONÓMICOS PARA LA POBLACIÓN
ECONÓMICAMENTE ACTIVA, EN EL PERIODO DEL 2000 AL 2014”.**

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**

POR

CARLOS ONAM PEÑA REYNA

PREVIO A CONFERÍRSELE EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

Y EL TÍTULO PROFESIONAL DE

ECONOMISTA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2018

**MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**

Lic. Luis Antonio Suárez Roldán	Decano
Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales	Secretario
Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez	Vocal 1º.
MSc. Byron Giovanni Mejía Victorio	Vocal 2º.
Vacante	Vocal 3º.
P. C. Marlon Geovani Aquino Abdalla	Vocal 4º.
P. C. Carlos Roberto Turcios Pérez	Vocal 5º.

EXONERADO DE EXÁMENES DE ÁREAS PRÁCTICAS BÁSICAS

De conformidad con los requisitos establecidos en el Reglamento para la Evaluación Final de Exámenes de Áreas Prácticas Básicas y Examen Privado de Tesis, capítulo III, artículo 15 y sus modificaciones y al inciso 5.3 del punto Quinto, del Acta 3-2014 de la sesión celebrada por Junta Directiva el 15 de marzo de 2014.

PROFESIONALES QUE REALIZARON EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS

Lic. David Eliezer Castañón Orozco	Presidente
Lic. Rubelio Isaías Rodríguez Tello	Examinador
Lic. Wagner Ricardo Meneses Paz	Examinador

Guatemala, 02 de Octubre de 2,017.

Licenciado
Luis Antonio Suárez Roldán
Decano de la Facultad de Ciencias Económicas
Universidad San Carlos de Guatemala
Su Despacho.

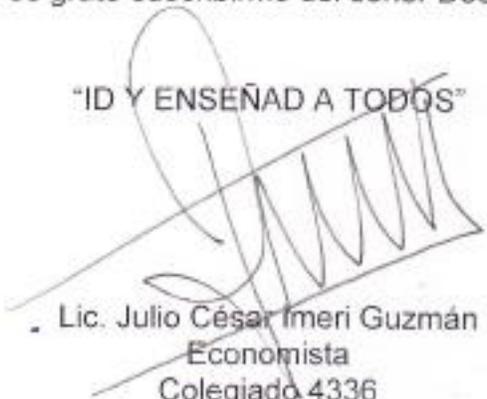
Señor Decano:

Atentamente me dirijo a usted atendiendo al Dictamen Esc. Economía 16-2015 del Decanato de la Facultad de Ciencias Económicas, donde fui asignado para asesorar el trabajo de tesis titulado **"CAUSAS ECONÓMICAS Y SOCIALES DE LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO DE AMATITLÁN Y LOS COSTOS ECONÓMICOS PARA LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA, EN EL PERIODO DEL 2000 AL 2014."** Presentado por el estudiante Carlos Onam Peña Reyna, Carné 9110090-2.

El trabajo de tesis en referencia ha sido elaborado de conformidad a los métodos y técnicas de investigación requeridas, razón por la cual me permito recomendarlo para su defensa en el Examen Privado de Tesis.

Sin otro particular, me es grato suscribirme del señor Decano.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Lic. Julio César Imeri Guzmán
Economista
Colegiado 4336

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA



FACULTAD DE CIENCIAS
ECONOMICAS

EDIFICIO "S-8"
Ciudad Universitaria zona 12
GUATEMALA, CENTROAMERICA

**DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, GUATEMALA
VEINTISÉIS DE ENERO DE DOS MIL DIECIOCHO.**

Con base en el Punto QUINTO, inciso 5.1 del Acta 21-2017 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 28 de noviembre de 2017, se conoció el Acta ECONOMÍA 280-2017 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 26 de 2017 y el trabajo de Tesis denominado: "CAUSAS ECONÓMICAS Y SOCIALES DE LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO DE AMATITLÁN Y LOS COSTOS ECONÓMICOS PARA LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA, EN EL PERÍODO DE 2000 AL 2014", que para su graduación profesional presentó el estudiante **CARLOS ONAM PEÑA REYNA**, autorizándose su impresión.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

LIC. LUIS ANTONIO SUÁREZ ROLDÁN
DECANO

m.ch

LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES
SECRETARIO



DEDICATORIA

- A DIOS:** Fuente inagotable de bendición en mi vida, por permitirme alcanzar mis sueños y guiarme en cada etapa del camino.
- A MI MADRE:** María Alicia Reyna González. Gracias por ser el ejemplo de una vida llena de esfuerzo, honestidad y dedicación.
- A MIS HIJOS:** Ariel Eduardo y Sergio Alejandro, por llenar mi vida de amor y esperanza.
- A MIS HERMANOS:** Lester, Brenda y Ligia, con cariño fraternal.
- A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:** Nicolás, Glenda, Carol, Marlon, Arnoldo, Rafael, Mynor, Álvaro, Estuardo, Marjourie, por el apoyo incondicional y los momentos compartidos.
- A LA ESCUELA DE ECONOMÍA:** En especial al Lic. David Castañón y al Lic. Julio César Imeri por su invaluable apoyo y orientación en la elaboración de este trabajo.

Contenido

Acrónimos y Siglas.....	v
Introducción	vii
CAPÍTULO I	1
1.1 Evolución del pensamiento económico en relación a los recursos naturales y el ambiente ...	2
1.1.1 Crecimiento económico y su relación con el ambiente	9
1.2 Importancia económica de los cuerpos de agua.....	14
1.3 Educación ambiental en Guatemala	17
1.3.1 Objetivos de la Educación Ambiental.....	20
1.3.2 Aspectos importantes de la Educación Ambiental.....	21
CAPÍTULO II	22
2.1 Caracterización económica y social del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala	23
2.2 Distribución territorial de la población	26
2.3 Actividades económicas	29
2.3.1 Sector agrícola.....	29
2.3.2 Sector pecuario	30
2.3.3 Sector industrial y comercial	31
2.4 El lago de Amatitlán	32
2.4.1 Características Generales.....	33
2.4.2 Hidrología	35
2.4.3 Clasificación Limnológica.....	36
2.5 Caracterización de la cuenca del Lago de Amatitlán.....	36
CAPÍTULO III	46
3.1 Causas económicas y sociales del proceso de contaminación del lago de Amatitlán	47
3.1.1 Crecimiento Poblacional	49
3.1.2 Concentración de la actividad industrial y sus efectos contaminantes	58
3.1.3 Concentración de la actividad agrícola	73
3.1.4 Recursos económicos para la preservación sostenible del Lago de Amatitlán.....	77

3.1.5 Débil capacidad de instituciones relacionadas con la preservación del Lago de Amatitlán	79
3.2 Costo económico de la contaminación del lago de Amatitlán para la población económicamente activa	86
Conclusiones	96
Recomendaciones	99
Referencias Bibliográficas	102
Anexos	105

Índice de Cuadros

1. Uso de la Tierra en el Municipio de Amatitlán, Depto. de Guatemala.....	25
2. Estimación de la Composición de la Población del Municipio de Amatitlán al año 2014, Distribución por Sexo y Edad.....	27
3. Municipios que forman parte de la cuenca del Lago de Amatitlán.....	39
4. Proyección de población total, República de Guatemala, 2008 – 2015.....	49
5. Proyección de población de los 14 municipios que forman parte de la cuenca del Lago de Amatitlán, años 2002 – 2014.....	50
6. Comparación del crecimiento poblacional Total República – Cuenca Lago de Amatitlán Censo 2002 – Proyección 2014.....	51
7. Crecimiento poblacional intercensal en los 14 municipios que forman parte de la cuenca Del Lago de Amatitlán, Censos 1994 - 2002.....	54
8. Tabla de límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, Acuerdo Gubernativo 236-2006.....	59
9. Concentraciones y Cargas Contaminantes Lago de Amatitlán (época lluviosa 2006 - 2007).....	64
10. Municipios involucrados en el estudio MARN/JICA 2007/2009.....	65
11. Principales sectores industriales monitoreados MARN/JICA 2007/2009.....	65
12. Valores de cumplimiento de límites máximos permitidos Parámetros Generales para el año 2011, según Acuerdo Gubernativo 236-2006 MARN/JICA 2007/2009.....	66
13. Valores de cumplimiento de límites máximos permitidos, parámetros generales para el año 2011, Nitrógeno y Fósforo Total, según Acuerdo Gubernativo 236-2006, MARN/JICA 2007/2009.....	66

14. Resultados de parámetros Físico-Químicos de los ríos monitoreados en la Cuenca del Lago de Amatitlán, Agosto 2015.....	67
15. Superficie destinada a cultivos (km ²) en el área de influencia de la cuenca del Lago de Amatitlán.....	76
16. Resumen de Costos de Ejecución del PLANDEAMAT por plazo de ejecución de proyectos.....	78
17. Ejecución Presupuestal 2004 – 2014, Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA).....	79
18. Casos reportados de enfermedades gastrointestinales, municipio de Amatitlán, años 2002 – 2014.....	89
19. Casos reportados de enfermedades transmitidas por vectores, municipio de Amatitlán, años 2007 – 2014.....	90
20. Trabajo de Campo Comunidades con Alto Índice de Riesgo, Municipio de Amatitlán.....	90
21. Resumen de costos para la PEA, en el periodo 2000 - 2014 generados por la contaminación del Lago de Amatitlán.....	94
22. Resumen de otros costos generados por la contaminación del Lago de Amatitlán.....	94
23. Cálculo de hogares en el área de influencia de la Cuenca del Lago de Amatitlán.....	100

Índice de Tablas

1. Cultivos de mayor importancia del municipio de Amatitlán.....	30
2. Principales empresas industriales y agroindustriales del municipio de Amatitlán.....	32
3. Especies de vegetación y fauna, cuenta del Lago de Amatitlán.....	44

Índice de Gráficos

1. Distribución Territorial de la Población, Municipio de Amatitlán, al año 2014.....	26
2. Pirámide poblacional, municipio de Amatitlán, estimaciones al año 2014.....	28
3. Uso de la tierra, cuenca del Lago de Amatitlán.....	40
4. Conductividad en el Lago de Amatitlán, años 2014 – 2015.....	45
5. Temperatura Promedio del Lago de Amatitlán, muestreo 2014 – 2015.....	68
6. Niveles promedio de Oxígeno Disuelto en el Lago de Amatitlán, muestreo 2014 – 2015.....	69

7. Niveles promedio de Potencial de Hidrógeno en el Lago de Amatitlán, muestreo 2014 - 2015.....	70
8. Promedio Demanda Química de Oxígeno en el Lago de Amatitlán, muestreo 2014 – 2015.....	71
9. Promedio Demanda Bioquímica de Oxígeno en el Lago de Amatitlán, muestreo 2014 – 2015.....	72
10. Promedio Nitrógeno Total en el Lago de Amatitlán, muestreo 2014 - 2015.....	74
11. Promedio Ortofosfatos en el Lago de Amatitlán, muestreo 2014 - 2015.....	75

Índice de Figuras

1. Ubicación Geográfica de la Cuenca del Lago de Amatitlán.....	37
2. Cuenca del lago de Amatitlán.....	38
3. Red Hidrográfica de la Cuenca del Lago de Amatitlán.....	43
4. Comportamiento de la Mancha Urbana en el área de la Cuenca del Lago de Amatitlán Del año 1970 al año 2000 y proyección al año 2020.....	52
5. Sistemas de Manejo de Desechos Sólidos a nivel república.....	55
6. Botaderos de desechos sólidos en distintos puntos de la Cuenca del Lago de Amatitlán...56	
7. Sistemas de desagüe inadecuados en distintas áreas residenciales de la Cuenca del Lago de Amatitlán.....	57
8. Descarga de Aguas Residuales Río Platanitos.....	58
9. Imagen del Lago de Amatitlán.....	88

Índice de Anexos

1. Proyectos, Plazo de Duración y Costo de Implementación PLANDEAMAT, 2015.....	104
---	-----

Acrónimos y Siglas

AGREGUA	Agregados de Guatemala, S. A.
AMSA	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán
APOGUA	Asociación de Porcicultores de Guatemala
ARRLA	Autoridad para el Rescate y Resguardo del Lago de Amatitlán
ASIES	Asociación de Investigación y Estudios Sociales
ASPROAMAT	Asociación Protectores del Lago de Amatitlán
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente
CONAPEA	Comisión Nacional Permanente de Educación Ambiental
CONJUVE	Consejo Nacional de la Juventud
ENEI	Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos
FAO	Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas
FLACSO	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales
GTZ	Agencia para la Cooperación Técnica de la República Federal de Alemania
IARNA	Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
ICAITI	Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial
IGN	Instituto Geográfico Nacional
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social
INE	Instituto Nacional de Estadística
INGUAT	Instituto Guatemalteco de Turismo
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

IRTRA	Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MINDEF	Ministerio de la Defensa Nacional
MSNM	Metros sobre el nivel del mar
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
MW	Megavatio (unidad de potencia que equivale a 1,000,000 de vatios)
OEA	Organización de los Estados Americanos
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
ONO-ESE	Oriente Norte – Este
ONU	Organización de las Naciones Unidas
ONG	Organización No Gubernamental
PEA	Población Económicamente Activa
PET	Tereftalato de Polietileno (tipo de plástico utilizado para fabricar envases para bebidas y textiles)
PIB	Producto Interno Bruto
PLANDEAMAT	Plan Maestro para el Manejo Integrado de la Cuenca y del Lago de Amatitlán
REDFIA	Red Nacional de Formación e Investigación Ambiental
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia
SICOIN	Sistema de Contabilidad Integrada del Gobierno de Guatemala
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
URL	Universidad Rafael Landívar
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

Introducción

En el presente trabajo de tesis se aborda el problema de la contaminación del lago de Amatitlán desde el punto de vista económico y social, con la finalidad de contribuir con la preservación de los recursos naturales de la cuenca del lago, tratando de establecer las causas que han provocado el proceso de contaminación en el periodo del año 2000 al 2014, y a la vez realizar un análisis acerca del costo económico que este genera para la población económicamente activa del municipio de Amatitlán.

El lago de Amatitlán posee gran importancia económica, histórica, cultural y religiosa; representa el último reservorio de agua de la región metropolitana de Guatemala; para preservarlo es necesario identificar las causas económicas y sociales que han limitado la posibilidad de detener el proceso de contaminación que lo afecta, para posteriormente tomar las acciones necesarias para evitar su eventual desaparición.

El trabajo se divide en tres capítulos, en el primero de ellos se desarrollan tres grandes temas, iniciando con una narración de la evolución que el pensamiento económico ha tenido en el transcurso del tiempo con respecto al ambiente y los recursos naturales, desde la época del Mercantilismo, hasta el surgimiento del concepto de desarrollo sostenible.

En el siguiente tema se aborda la importancia económica de los cuerpos de agua, como recurso indispensable para la subsistencia de todos los seres vivos, considerando que se trata de un recurso renovable con una aparente abundancia en la naturaleza y que posee una gran capacidad de regeneración, características que han convertido a los cuerpos de agua en vertedero habitual de los residuos producidos por la actividad del hombre: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, etc. En muchos lugares alrededor del mundo los cuerpos de agua están siendo contaminados, hasta el punto de hacerlos peligrosos para la salud humana, y dañinos para la vida, no solo del hombre sino de todos los seres vivos del planeta, animales y plantas también se ven afectados.

En el tercer tema se describe el importante papel que la educación desempeña en la conservación del ambiente y se realiza una descripción de las medidas que se han

tomado en Guatemala, como un proceso de cambio y de transformación de las personas con respecto a la utilización racional de los recursos naturales.

En el segundo capítulo se presenta una caracterización tanto del municipio de Amatitlán como de la cuenca del lago, con datos acerca de la población, población económicamente activa, principales actividades económicas, etc., que sirven de base para realizar el análisis de los resultados que se exponen en el último capítulo.

En el tercer capítulo y final, se analizan las causas económicas y sociales que han provocado el proceso de contaminación del lago de Amatitlán y se presenta un cálculo del costo económico que este proceso ha generado para la población económicamente activa del municipio, finalizando con un listado de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

Marco Teórico

1.1 Evolución del pensamiento económico en relación a los recursos naturales y el ambiente

Los conceptos económicos relacionados con el ambiente son tan antiguos como la propia ciencia económica, sin embargo, el análisis económico en relación con los recursos naturales es relativamente reciente, de tal cuenta, el nacimiento de la Economía Ambiental se sitúa en la segunda mitad del siglo XX.

Durante la década de 1960-70 varios autores desarrollaron trabajos fundamentales para la consolidación de esta disciplina y en los años 1970-80 se consolidaron los fundamentos teóricos y metodológicos sobre política ambiental.

En Europa entre los siglos XVI y XVII, el incremento de la actividad económica generada por el crecimiento del comercio con América y Asia, ayudó a la desaparición de las estructuras económicas y sociales medievales. Sin embargo, para que el comercio internacional se desarrollara era necesaria la desaparición de las aduanas existentes en caminos y vías fluviales. Los comerciantes fueron capaces de anticipar que el crecimiento del comercio internacional, además de favorecerles económicamente, favorecería también a los intereses de los países, principalmente por el aumento de la producción agrícola, artesanal e industrial.

En el siglo XVII, para la mayoría de autores del **Mercantilismo**, el buen funcionamiento de la economía de los países estaba basada en dos aspectos: la acumulación de metales preciosos, y una balanza de pagos favorable. El pensamiento general era contrario al intercambio de bienes de otros países, por metales preciosos. El acaparamiento de oro y plata era una práctica común en la antigüedad; los griegos y los romanos practicaron políticas de acumulación de estos metales.

La creencia general de ese entonces era que al favorecer que las exportaciones excedieran a las importaciones, el superávit de la balanza de pagos se traduciría en un aumento de la riqueza de los países, lo que permitiría mantener o incluso aumentar su patrimonio natural. (Alfranca Burriel, 2012)

La **Escuela Fisiócrata** se desarrolló durante el siglo XVIII, las ideas principales de esta escuela consideraban que no era el comercio, ni la cantidad de metales preciosos lo que determinaban la creación de riqueza, sino la tierra. Entre sus principales autores se encuentran **François Quesnay** y **Anne Robert Jacques Turgot**.

La famosa Tabla Económica de Quesnay, publicada en 1758, intentaba demostrar que el excedente económico provenía de la agricultura, y que la producción agraria concernía a todas las clases sociales. Aunque la mayor parte de las tierras eran propiedad de los terratenientes, las tareas de cultivo eran realizadas por arrendatarios, que eran la verdadera clase productiva; los agricultores destinaban una parte de la producción a la satisfacción de sus propias necesidades, pero también cubrían las de otros grupos sociales: artesanos, comerciantes, servidores públicos, a la iglesia e incluso a la propia monarquía. Un principio básico de la Tabla Económica era que con excepción de los agricultores, el resto de grupos sociales no eran capaces de crear valor por sí mismos, y que sus actividades no podían ir más allá de transformar el valor creado por medio de la agricultura en bienes manufacturados que eran consumidos por la sociedad.

Los fisiócratas creían en la existencia de un orden natural, que regía a la sociedad y que no podría ser modificado por el Estado, autores como **Richard Cantillon** definieron a la tierra como la fuente de toda riqueza, y al trabajo como la energía que la produce. La vida intelectual de Cantillon se desarrolló durante el final de la vigencia de las ideas mercantilistas, pocos años antes del florecimiento de la fisiocracia, en su única obra conocida "Ensayo sobre la naturaleza del comercio en general" afirma que el incremento de la actividad económica provocaría un aumento en los ingresos de los trabajadores, lo que a su vez impulsaría un incremento en la tasa de nacimientos. (Kula, 1998)

Durante el siglo XVII y principios del siglo XVIII surgieron algunos autores considerados precursores de la **Escuela Clásica**, **William Petty** se encuentra dentro de sus principales representantes. En su obra "Tratado sobre los impuestos y las contribuciones" Petty expone ideas muy similares a las de Cantillon, respecto a las fuentes de riqueza, denomina al trabajo como el padre y a la tierra como la madre de esta.

Dudley North se oponía a las políticas mercantilistas para favorecer la prosperidad de los países y promovió el libre comercio y la división del trabajo, ya que pensaba que todo el

comercio es provechoso, justificándolo en la idea de que ninguna persona se dedicaría a actividades que no generaran ningún beneficio, de tal forma, no era conveniente restringir ninguna actividad económica. North, opinaba que la tierra y el capital presentan un comportamiento similar; el capital y el interés derivan de la tierra, que a su vez es fuente de toda riqueza. (Kula, 1998)

Se considera como el inicio de la **Escuela Clásica**, la publicación del año 1776, "Investigación sobre la naturaleza y causas de la Riqueza de las Naciones" de **Adam Smith**, en la que sostiene que el egoísmo, la racionalización del trabajo y la expansión sostenida de los mercados son las claves del crecimiento económico y, por tanto, del bienestar de la sociedad. Smith argumentaba que la expansión del sector agrario y la mejora de los procesos de cultivo son las fuerzas necesarias para aumentar la riqueza; planteaba que existía una gran cantidad de tierra sin cultivar, y que la tierra cultivada todavía no había alcanzado, en la mayoría de los casos, su producción máxima. Según este argumento, la agricultura se encuentra en posición de incorporar al proceso productivo una cantidad de capital muy superior a la utilizada en ese momento.

En la época en que Smith escribió su obra, tanto la agricultura como la industria se desarrollaban con gran rapidez. Según Smith, en aquel momento existía una gran cantidad de tierra que permitiría la expansión de la agricultura; también los rendimientos de la tierra eran mejorables. De igual forma los cambios estructurales en los sectores dedicados a la producción de manufacturas, aumentaba con el comercio y comenzaba a transformar la economía en su conjunto.

Adam Smith realizó una distinción entre la renta de la tierra agrícola y la renta de la tierra destinada a la extracción de minerales y otros bienes utilizados por la industria textil o la construcción; de acuerdo a los análisis que realizó, la tierra reservada para la producción de alimentos siempre permite obtener una renta, por el contrario, esto no siempre sucedería en el caso de la extracción de minerales, puesto que si estos son de baja calidad, podrían incluso no proporcionar ningún tipo de renta al propietario, que obtendría exclusivamente el beneficio relacionado con la gestión de la mina. (Hollander, 1973)

Thomas Robert Malthus fundamentó su teoría en el conflicto entre dos fuerzas: la capacidad de la tierra para producir alimentos, y el incremento sostenido de la población, considerando dos hipótesis básicas:

- a) La cantidad de tierra productiva, así como su capacidad para aumentar la producción, son limitadas.
- b) La capacidad de la población para crecer es superior a la capacidad de la tierra para mantener un volumen de producción que permita la subsistencia de la especie.

Es decir, que a pesar de la tendencia positiva y creciente de la superficie destinada a la agricultura para producción de alimentos, no se podría evitar que la propensión dominante sea la saturación en el uso de la tierra.

Según Malthus, el desarrollo de los conocimientos en medicina y las mejoras en las condiciones sanitarias de la población solamente intensifican el problema de la escasez de alimentos. Su explicación radica en que el aumento en la población está determinado por la relación entre natalidad y mortalidad.

David Ricardo, sostenía que el incremento del capital era la fuente principal para el crecimiento económico, por lo que cualquier política económica tenía que basarse en la utilización cada vez más intensiva del capital en todos los procesos productivos; también considera que la libertad económica fundamenta la maximización del beneficio económico, y que éste es la fuente para la acumulación de capital, y, por tanto, la maximización del crecimiento económico. Ricardo coincidía con Malthus en los principios básicos relacionados con la población y la renta.

Definió la renta de la tierra como el pago por el uso de las fuerzas originarias e indestructibles del suelo, la cual aparece en forma de renta diferencial. Según Ricardo cuando la población es baja con respecto a la cantidad de tierras disponibles, serán cultivadas solamente las mejores, de tal forma que no existe renta, debido a que nadie estaría dispuesto a pagarla mientras existan otras tierras igualmente buenas y no ocupadas.

Cuando, debido al progreso de la sociedad, la tierra con el segundo grado de fertilidad se dedica al cultivo, comienza inmediatamente la renta sobre la de primera calidad, la cantidad de esa renta depende de la diferencia entre la calidad de esas dos porciones de tierra. Cuando la tierra de tercera calidad se dedica al cultivo, de inmediato comienza la renta sobre la de segunda y, de igual forma, se establece por la diferencia entre sus capacidades productivas. Al mismo tiempo, la renta de la tierra de primera calidad aumentará, ya que esta debe ser mayor que la renta de la tierra de segunda calidad, por la diferencia entre la producción que esta rinde, con determinada cantidad de capital y trabajo. Eventualmente, el avance del progreso de la población obligará a un país a recurrir a la tierra de inferior calidad, para incrementar su suministro de alimentos, y esto, a su vez, aumentará la renta sobre todas las tierras más fértiles. (Sraffa, 1973)

La tradición **neoclásica** enfatiza el *laissez-faire, laissez-passer* (dejar hacer, dejar pasar), otorgando una importancia limitada a la intervención del Estado en la economía. Otro aspecto relevante de la Escuela Neoclásica es que mientras que en la Escuela Clásica el valor se fundamenta en la oferta, los neoclásicos siguen una perspectiva que se orienta más al concepto de utilidad marginal, dirigido a la demanda. Desde la perspectiva de la escuela marginalista, cuando los individuos intentan maximizar su utilidad, deben utilizar sus recursos de tal forma que la última unidad de dinero gastada permita obtener el mismo nivel de utilidad para todos los bienes.

John Stuart Mill es el primer autor que plantea la idea de que la agricultura y la minería son esencialmente distintos; sugiere que la principal diferencia radica en que, al contrario que en el sector agrícola, la minería se caracteriza por un intercambio entre productividad presente y futura, lo que sugiere una planificación óptima por parte de los usuarios.

Mill se sitúa desde la perspectiva de Malthus y Ricardo en cuanto a considerar conjuntamente el crecimiento de la población y el progreso económico, y considera que el crecimiento en la naturaleza no puede aceptarse como un proceso ilimitado, afirma que entre los siglos XVIII y XIX tuvo lugar un período de crecimiento continuado, pero que este proceso no podría mantenerse en el tiempo. Las ideas de Mill anticipaban escuelas de pensamiento posteriores, en las que habría de discutirse la capacidad de crecimiento económico para mejorar las condiciones de vida alrededor del mundo, lo cual puede considerarse como un reto para la economía del bienestar, según la cual el bienestar

social se maximizará cuando el consumo sea el máximo para la mayor cantidad de gente posible.

Mill consideraba que la lucha por el crecimiento económico, en términos materiales, en la cual la gente compite entre sí, no es natural, como tampoco es deseable para la humanidad, y solo puede terminar en fracaso. (Kula, 1998)

Las ideas de **William Stanley Jevons** suelen considerarse como fundamentales para el pensamiento neoclásico, principalmente debido a sus teorías sobre la utilidad marginal del consumo y por sus trabajos sobre el sector del carbón. En la teoría que desarrolló en 1865 acerca del agotamiento de los recursos, plantea que la extracción de carbón es uno de los principales obstáculos para el desarrollo económico de Inglaterra, puesto que consideraba que el rápido proceso de industrialización estaba agotando las reservas de este mineral y forzando a los mineros a extraer de unas reservas cada vez menos accesibles, encareciendo el producto final.

Según Jevons, mientras más grande sea el número de consumidores que disponen de un bien, menor será la utilidad que podrán alcanzar mediante el consumo de una unidad adicional del mismo, y menor será su disposición a pagar por esta unidad. Jevons concluyó que mercancías esenciales pero abundantes podrían ser baratas puesto que la unidad adicional no representaría un gran valor para los consumidores.

Por otra parte, aquellos bienes que se caractericen por ser escasos, serían caros, puesto que los consumidores estarían dispuestos a pagar precios elevados por cada unidad adicional, inclusive cuando estos no sean esenciales para la vida. La competencia para comprar unidades adicionales del bien, junto con su escasez, podría llevar a precios elevados en el mercado de bienes como el oro o los diamantes.

Mientras que la teoría clásica del valor sostiene que el precio, y por lo tanto, también el valor, se basan en el costo de producción, que a su vez está vinculado, en última instancia, con el trabajo; y que por otra parte, a finales del siglo XIX algunos economistas sostenían que los fundamentos del valor se explican por la utilidad de la demanda, el economista británico **Alfred Marshall** (1890), reconcilió estas perspectivas señalando que el valor estaba determinado tanto por la oferta, como por la demanda.

Los trabajos de Marshall pueden dividirse en dos grandes grupos, el primero de ellos consiste en el análisis económico que realizó acerca de la minería y la agricultura; el segundo, y quizás el más importante, está relacionado con la que puede considerarse como la primera contribución al concepto de externalidad.

Marshall suele ser reconocido como el introductor del concepto de externalidad en el análisis económico, aunque consideró exclusivamente la existencia de externalidades positivas relacionadas con el desarrollo de la industria, refiriéndose a estas como ventajas acerca de los beneficios que pueden disfrutar los hombres de negocios, y que además podían aprovechar sin realizar pago alguno, por encontrarse estas fuera del mercado.

El concepto de externalidad fue desarrollado posteriormente por **Arthur Pigou** (1920), quien lo generalizó, considerando que este tipo de “bienes de no mercado”, si bien pueden suponer un beneficio, también generan un costo. Pigou deja claro que no solo las condiciones de producción pueden verse afectadas por estos “bienes de no mercado”, sino que también el bienestar de las personas, tanto en términos de beneficios como de costos. Las externalidades aparecen cuando las actividades de los diferentes agentes económicos inciden en la producción o el consumo de otros agentes, sin que exista ningún tipo de compensación, es decir, aunque los costos o beneficios sean percibidos, estos no tienen precio, ya que ni los productores ni los beneficiados deben realizar pago alguno por ellos. Si las externalidades tuvieran un precio que afecte a los productores o los beneficiarios, entonces se habla de internalización. (Alfranca Burriel, 2012)

Autores como **Francis Michael Bator** (1958) enfatizan la consideración de las externalidades como una falla del mercado. Esta imperfección se produce esencialmente debido a las dificultades que existen para la definición de los derechos de propiedad en algunas actividades económicas. Por ejemplo, la ausencia de derechos de propiedad sobre el aire, o un río, puede conducir a situaciones en las que algunos individuos abusen de la utilización de estos recursos, afectando al resto de la población de determinada área.

La idea acerca de la tasa óptima de uso de los recursos naturales fue establecida formalmente por **Lewis Cecil Gray** en 1914, y posteriormente fue desarrollada por **Harold**

Hotelling en 1931. En un principio las teorías relacionadas con el uso óptimo de los recursos fueron asociadas con una rama de la ciencia que fue conocida como Economía de los Recursos Naturales, que se centraba en el cálculo de tasas óptimas de extracción o de explotación (en el caso de recursos renovables), mientras tanto, la Teoría Económica acerca del Ambiente se relacionaba esencialmente con los problemas generados por la contaminación, con el tiempo se aceptó que, en general, las teorías aplicables a la extinción de los recursos, son también aplicables en los casos relacionados con recursos renovables. (Kula, 1998)

1.1.1 Crecimiento económico y su relación con el ambiente

Aunque **John Maynard Keynes** no analizó explícitamente las posibles consecuencias que el crecimiento económico podría generar sobre el ambiente, sí realizó aportes que podrían considerarse una influencia importante en el desarrollo de los instrumentos teóricos de Marshall que fueron utilizados para elaborar la Teoría del Crecimiento Económico. Más explícitamente, los trabajos ambientales fueron influidos por la “Filosofía de la Incertidumbre” de **Andrew Mearman** (2005); sin embargo, todas estas líneas forman la base sobre la que se desarrolla en la actualidad la Economía del Medio Ambiente. (Alfranca Burriel, 2012)

El autor **Karl William Kapp** analizó en 1950 las posibles consecuencias del crecimiento económico sobre el medio ambiente; los costos sociales representan uno de los puntos fundamentales de su trabajo, y afirma que todos los costos asociados con actividades productivas se transmiten a terceros por medio de la contaminación del aire o del agua.

En 1966 **Kenneth Boulding** publicó su trabajo “La Economía de la Llegada de la Nave Espacial Tierra” en el cual expresa grandes incertidumbres sobre la posibilidad de mantener un crecimiento económico continuado, sobre los posibles efectos de las políticas encaminadas a lograr este objetivo y cuya conclusión principal es que el crecimiento económico es insostenible, especialmente en la forma en que se ha desarrollado en las últimas décadas en los países industrializados.

En muchos textos de introducción a la economía se presenta un esquema que representa el flujo circular de la renta, en el que no se relaciona al ambiente con la actividad económica, ni se cuestiona la posible escasez de los recursos naturales, o la presencia de contaminación; este esquema presenta un tipo de economía que tiene un supuesto fundamental implícitamente asociado, en que los residuos de la producción o el consumo son reciclados por la propia naturaleza.

La principal crítica a este modelo es su consideración acerca de la tierra como un espacio abierto en el que los recursos y los rendimientos son ilimitados; Boulding sostiene que la tierra es un sistema cerrado, en el que tanto los recursos como la capacidad de la tierra para absorber los residuos contaminantes son limitados. En el trabajo de Boulding se considera como un aspecto primordial la necesidad de construir un nuevo orden económico, en el contexto de una economía limitada. (Alfranca Burriel, 2012)

Existen varios conceptos que relacionan la actividad económica con el ambiente, el primero de ellos es la **Economía de los Recursos Naturales**, que estudia cómo la sociedad utiliza los recursos naturales escasos, tales como reservas pesqueras, plantaciones de árboles, agua, petróleo, etc. Los recursos naturales pueden clasificarse de varias formas, por ejemplo, pueden clasificarse de acuerdo a su estructura material:

- a. Biológicos: reservas pesqueras, bosques, etc.
- b. Minerales: oro, hierro, suelos, etc.
- c. Energéticos: energía solar, petróleo, gas natural, etc.
- d. Ambientales: aire, agua, la capa de ozono, etc.

Sin embargo, el criterio más correcto, con el objeto de determinar un marco analítico que permita establecer el uso óptimo de los recursos naturales es el temporal, es decir, la mayor o menor velocidad con que se reponen los recursos que han sido utilizados, de tal forma, los recursos pueden clasificarse de la siguiente forma:

- a. No renovables: cuando la utilización del recurso implica su completa destrucción o su regeneración requiere de períodos de tiempo inmensos, como el carbón, petróleo, gas natural, etc.
- b. No renovables con servicios reciclables: cuando la utilización del recurso implica su completa destrucción en cuanto a su forma actual, pero es recuperable en un

período de tiempo corto, por medio de un proceso de reciclado, como en el caso de los metales.

- c. Renovables: cuando el uso del recurso produce su destrucción, pero seguidamente se produce la generación del mismo, por medio de un proceso biológico, tales como los recursos pesqueros, los bosques, etc.
- d. Ambientales: cuando la utilización del recurso no implica su agotamiento, o bien, en caso de agotarse, la velocidad de regeneración es rápida, como el agua, el aire, etc. (Romero, 1997)

La **Economía Ambiental** también conocida como **Economía de la Contaminación**, cuyo objeto de estudio es la forma en que se dispone de los residuos generados por la actividad humana, y la calidad resultante del agua, el aire y el suelo como receptores de dichos residuos. La economía ambiental también se encarga del estudio de la conservación de los ambientes naturales y la biodiversidad. En todo sistema económico, las funciones de producción, distribución y consumo ocurren dentro de un mundo natural circundante, el entorno natural desempeña la función de proveer materias primas y energía, sin los cuales serían imposibles la producción y el consumo. En consecuencia, un sistema económico genera efectos sobre la naturaleza, al explotarla para proveerse de materias primas para mantener el sistema en funcionamiento. Las actividades de producción y consumo generan desechos o residuos que regresan al entorno natural, y la forma en que se manejen estos residuos puede conducir a la contaminación del ambiente natural. (Volkheimer, 1993)

Es un nuevo esquema de la economía, que incorpora el agotamiento de los recursos y el cuidado del ambiente, donde no solo se toman en cuenta los beneficios obtenidos por el productor y el consumidor, sino que va más allá, profundizando en el verdadero origen de esa producción (materias primas, energía). En definitiva, una nueva visión de la economía con mucha validez, si se entiende a la misma como aquella que se dedica al manejo y utilización de los recursos escasos en los procesos productivos.

El ambiente es proveedor de insumos para la economía, y es imprescindible para garantizar la producción de bienes y servicios de forma sostenible, las decisiones de las generaciones actuales con respecto a la producción y cuidado del ambiente influirán directamente en las posibilidades de producción de las generaciones futuras.

La degradación del ambiente no es el único factor que afecta las condiciones futuras, también los desarrollos técnicos y los cambios en las habilidades humanas. Esta es la esencia de muchos análisis recientes acerca de la sostenibilidad o “sustentabilidad”. Un producto es sostenible, siempre que la productividad a largo plazo no provoque la reducción de los recursos naturales de los cuales depende. La sustentabilidad se refiere fundamentalmente a recursos renovables, cuando se utilizan los recursos no renovables, automáticamente dejan de estar disponibles para las generaciones futuras. La regla debe ser utilizarlos a la tasa correcta, para garantizar que el bienestar natural que éstos representan, a ese ritmo de uso, se convierta en bienestar duradero para los seres humanos a medida que son utilizados. (Volkheimer, 1993)

Posteriormente, la **Economía Ecológica**, estudia las relaciones existentes entre los ecosistemas y los sistemas económicos. Con respecto a este concepto algunos autores señalan la dificultad para encontrar una definición que abarque dos orientaciones principales:

- a) La economía ecológica puede entenderse como la unificación de la teoría económica convencional y la ecología.
- b) La economía ecológica constituye una síntesis de diferentes clases de análisis económico, en la que son relevantes las consideraciones éticas.

En este sentido otros autores definen la ética referida a la tierra como un valor intrínseco del propio sistema, es decir, que una acción será correcta siempre que contribuya a preservar la integridad, estabilidad y belleza del sistema biológico. (Constanza, 1989)

Un aspecto básico en la definición de economía ecológica es la existencia de límites sobre la capacidad de la tierra y el ambiente para producir alimentos y otros bienes, por lo que se plantea la necesidad de que los sistemas económicos se mantengan dentro de los límites biofísicos de la tierra, que se fomente el reciclaje y que se utilice la mayor cantidad de energías renovables, así como examinar las interacciones entre los sistemas económicos y los sistemas ecológicos desde una perspectiva de interrelación. (Daly, 1977)

En 1987 la Organización de las Naciones Unidas (ONU) creó La Comisión Brundtland, con el objetivo de analizar, criticar y replantear las políticas de desarrollo económico en el mundo, reconociendo que el avance social se estaba llevando a cabo a un costo alto en términos del entorno ambiental. El informe “Nuestro Futuro Común” elaborado por la Comisión Brundtland utilizó por primera vez el concepto de desarrollo sostenible, y lo definió como aquel que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, lo que implica un cambio muy importante en cuanto a la idea de sustentabilidad, principalmente ecológica, y a un marco que da también énfasis al contexto económico y social del desarrollo.

Esta definición enfatiza dos puntos principales:

- a. El concepto de necesidad, que esencialmente hace referencia a las insuficiencias de los países pobres, cuya satisfacción debe ser prioritaria.
- b. La idea de limitación impuesta por la tecnología y las organizaciones sociales, acerca de la capacidad del ambiente para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras. (Alfranca Burriel, 2012)

Para fundamentar teóricamente el concepto de desarrollo sostenible resulta bastante útil el análisis del trabajo realizado por Kenneth Boulding en 1966, en el que amplió el análisis estrictamente económico, incluyendo conceptos de aplicación general, como los relacionados con las leyes de la termodinámica, es decir, cualquier actividad productiva necesita de materia y requiere energía. Las leyes de la termodinámica determinan lo que les sucede a esta materia y a esta energía cuando son utilizados en los procesos de producción de bienes satisfactores y del consumo de estos.

Las dos leyes fundamentales de la termodinámica son:

1. La materia no se crea, ni se destruye, solo se transforma. Lo que significa que al utilizar cualquier recurso natural, inevitablemente este deberá volver al ambiente en forma de residuo. La única excepción sería el almacenamiento de los recursos extraídos.
2. En cualquier proceso termodinámico o en cualquier actividad física, la entropía del sistema o bien se mantiene o tiende a aumentar (la entropía es una magnitud física que indica el grado de desorden molecular de un sistema; una elevada entropía se asocia al desorden, y un valor pequeño se identifica con un sistema

ordenado). La interpretación de esta ley, para aplicarla al análisis económico del ambiente, acepta la imposibilidad de reciclarlo todo absolutamente y de una forma perfecta, por lo tanto, la entropía de un sistema tiende a crecer con el tiempo.

Desde el punto de vista ambiental, esto significa que los sistemas naturales con un nivel de entropía bajo, tarde o temprano se transformarán en sistemas de residuos con un elevado valor entrópico, lo que significa que mientras mayor es la entropía, menores son las posibilidades de reciclaje y la probabilidad de evitar que los residuos invadan el ambiente también es menor. (Boulding, 1966)

El estudio de la evolución del pensamiento económico con respecto al ambiente y los recursos naturales, refleja un proceso de convergencia entre las diferentes doctrinas económicas. A lo largo del tiempo se hace evidente la ampliación del campo de estudio acerca de la relación que existe entre la economía y el ambiente, pero lo más importante es enfatizar la creciente necesidad de que el análisis económico ambiental se realice desde una perspectiva multidisciplinar.

1.2 Importancia económica de los cuerpos de agua

El agua es un recurso natural de vital importancia para la vida, los procesos productivos y para la economía de los países, sin embargo, la contaminación de los recursos hídricos ha aumentado enormemente, siendo en gran parte responsables los sectores económicos.

Las industrias, empujadas por los avances tecnológicos, han traído consigo un incremento en la contaminación de los cuerpos de agua. La minería y la industria petrolera han sido responsables de más de un desastre ecológico, provocando gran contaminación de los recursos hídricos.

La agricultura también ha sido responsable de contaminación de estos recursos a través del uso indiscriminado de insecticidas, pesticidas y herbicidas, así como de cierto tipo de fertilizantes.

Las aguas servidas de las poblaciones han ido aumentando proporcionalmente al crecimiento de estas. Este problema, se complica por el hecho que, en muchas regiones

del mundo, las aguas servidas no son tratadas antes de ser devueltas a los cauces. (Olcese, 2000)

La contaminación del agua es la alteración de su composición química ocasionada por la presencia o acumulación de sustancias cuya procedencia puede ser de fuentes naturales o de la actividad humana. En la actualidad, sin duda alguna, la fuente más importante de contaminación hídrica es la actividad del hombre, por medio del desarrollo tecnológico y la industrialización, la generación de una gran cantidad de residuos que se vierten directa o indirectamente en los cuerpos de agua, el uso de medios de transporte fluviales y marítimos, etc. (Echarri, 2007)

Con respecto al uso, aprovechamiento y preservación de los recursos hídricos, la Constitución Política de la República de Guatemala, en su artículo 127, les otorga el carácter de “bienes de dominio público”, su “aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social”, sin embargo, no existe una ley específica sobre esta materia; ciertos aspectos, tales como propiedad, servidumbres, uso, aprovechamiento y conservación de aguas, son regulados por al menos 17 leyes con diferentes niveles jerárquicos, asignándole valores sociales y económicos de primer orden al recurso agua. (SEGEPLAN, 2006)

Analistas ambientales advierten que en Guatemala hay agua suficiente, pero poca capacidad para su gestión; este argumento está respaldado por varias premisas: Las estadísticas, que muestran que en el país los usos consuntivos y no consuntivos representan menos de una cuarta parte de la oferta hídrica disponible; los conflictos derivados de la falta de acceso a fuentes seguras de agua potable, principalmente en el área rural, donde hasta el año 2011 el 24.7% de los hogares no posee servicio de agua potable; y los elevados índices de contaminación del recurso. (Carrera, Gálvez, & López, 2013)

La contribución del agua a la economía guatemalteca es directa, las estimaciones realizadas muestran que el aprovechamiento del recurso hídrico participa en el 70% de las actividades que conforman el Producto Interno Bruto (PIB) y que la generación directa del valor agregado del agua es equivalente al 5.6% del PIB. El riego sirve además como insumo para el 18% del total de las exportaciones. (SEGEPLAN, 2006)

Diversas instituciones han contribuido para realizar estudios para calcular la contribución del recurso hídrico a la economía guatemalteca, para el efecto, se han utilizado métodos de valoración sobre los usos productivos o ambientales del recurso. Entre estas instituciones se encuentran: el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, la Universidad de San Carlos de Guatemala, la Universidad Rafael Landívar por medio del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA), el Banco de Guatemala, entre otros. Los estudios han establecido que el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), de los últimos años, es proporcional al crecimiento del uso de agua de los sectores agropecuario e industrial. (MARN, 2011)

Otra evidencia de que la gestión del agua para la economía nacional es una necesidad real y directa queda manifiesta ante los efectos derivados de la variabilidad climática expresada en las sequías e inundaciones ocurridas en el país en los últimos años, ejemplos muy claros los constituyen el Huracán Mitch en 1998 y la tormenta Agatha en 2010, cuyo impacto significó pérdidas en el PIB del 1.6% y el 1.0% respectivamente, eventos que evidenciaron la falta de capacidad de las instituciones de gobierno para la adecuada gestión del agua. (SEGEPLAN, 2010)

Guatemala posee un gran potencial de generación de energía hidroeléctrica, así como de aprovechamiento del recurso hídrico para riego, promover el potencial en estos dos aspectos contribuiría a reducir de manera considerable el costo del kilovatio/hora y a incrementar las exportaciones agrícolas, con ello mejorarían las condiciones de competitividad del país y se contribuiría al desarrollo económico. La disponibilidad del recurso hídrico del país se estima en 97,120 millones de m³, cantidad siete veces mayor al límite de riesgo hídrico establecido de 1000 m³/habitante/año, según estándares internacionales; las aguas subterráneas representan alrededor de 33,699 millones de m³, sin embargo, la disponibilidad del recurso está directamente determinada por su ciclo natural y se ve afectada por el cambio climático. (MARN, 2011)

Las estimaciones indican que anualmente solo se aprovecha cerca del 10% del volumen total de agua disponible, es decir, aproximadamente 9,700 millones de m³, pero la disponibilidad del recurso no es la misma durante todo el año, en el mes más seco del año se estima que la cantidad de agua disponible es aproximadamente de 4,800 millones

de m³, que se distribuye de forma irregular en 3 vertientes y 38 cuencas, lo que provoca estrés hídrico tanto en el altiplano oriental como en el altiplano central occidental, la costa sur y el norte de Petén, pues las demandas de agua son superiores a la oferta estacional; de hecho, mes a mes, no se satisface al 100% la demanda local, esto se debe a múltiples factores tales como la variabilidad del clima, la influencia de la topografía y ubicación de las poblaciones respecto a la accesibilidad de las fuentes de agua, pero especialmente se debe a la ausencia de un sistema nacional, institucionalizado, de gestión y gobernanza del agua con actividades planificadas, coherentes y coordinadas. (IARNA, URL, 2009)

De acuerdo a estudios del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) de la Universidad Rafael Landívar, la demanda anual de agua llegará a duplicarse en el año 2025, con respecto al año 2005. Un tema estratégico para la economía de Guatemala es asegurar la calidad de los servicios de agua potable y saneamiento de las ciudades, pues con servicios públicos de mejor calidad en pueblos y ciudades del país se favorecería el intercambio comercial y la competitividad en general. (MARN, 2011)

1.3 Educación ambiental en Guatemala

La educación ambiental no surgió en un momento específico, pero el concepto se creó y adoptó en Guatemala entre los años 1980 y 1985, como consecuencia del movimiento ambiental alrededor del mundo y de reestructuraciones de tipo macroeconómico que se venían realizando desde los años '70.

En 1981 surgió el Proyecto Ministerio de Educación – UNESCO, a partir del cual se conformó la Comisión Nacional Permanente de Educación Ambiental (CONAPEA), se produjeron Módulos de Educación Ambiental y se incorporó una unidad de Educación ambiental en el curso de Ciencias Naturales en el nivel primario. (MARN, 2003)

Sin embargo, las primeras acciones en el campo de la educación ambiental en Guatemala se realizaron a partir de 1949, con el surgimiento de programas desarrollados en los “núcleos escolares campesinos” del Ministerio de Educación, que entre otras acciones, contemplaban el saneamiento ambiental, la conservación de los suelos y el desarrollo de conocimientos científicos y técnicos para optimizar el uso de los recursos naturales.

Durante el periodo 1969 y 1977 la Universidad del Valle trabajó en un programa de Educación para el Desarrollo Humano. De este programa surgieron guías curriculares y material de apoyo para los niveles primario y básico, que incluían un área programática con el título “El ambiente en que vivimos”, los cuales no fueron implementados, pero sí se capacitó a un gran número de docentes durante el tiempo que funcionó el programa.

En el año 1985 se incorporaron una serie de artículos relacionados con el tema ambiental en la Constitución Política de la República de Guatemala, entre los que destaca el Artículo 97, que fue el fundamento para la emisión del Decreto 68-86 “Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente”, que posteriormente dio origen a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). El Artículo 97 de la Constitución Política de la República de Guatemala, establece que el Estado, las municipalidades y todos los habitantes del territorio guatemalteco, están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico; en tal sentido, es necesario emitir normas que garanticen que el aprovechamiento de los recursos, como la flora, fauna, tierra y agua se realicen de tal forma que se evite su depredación. Para lograr que la población en general participe en el desarrollo nacional, es necesario crear conciencia y formar valores que fomenten la utilización racional de los recursos naturales, lo cual únicamente se puede lograr por medio de una educación integral, que propicie el desarrollo de los individuos y permita su integración ética en la sociedad. (Ley de Educación Ambiental, Decreto 38-2010)

En 1987 se incorporó una unidad de Educación Ambiental dentro del curso de Ciencias Naturales del programa de estudios del Nivel Básico y se creó el Sistema Nacional de Mejoramiento de los Recursos Humanos y Adecuación Curricular del Ministerio de Educación, con el cual se crearon nuevas guías curriculares para preprimaria, que incluyeron contenidos integradores y objetivos instrumentales relacionados con el ambiente y los recursos naturales.

Con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), se elaboró en 1990 el documento “Programa Nacional de Inversión en Educación, Capacitación y Concientización Ambiental en Guatemala”, con la aprobación de la Secretaria General del Consejo Nacional de Planificación Económica, y que sirvió de base para el convenio de cooperación técnica no reembolsable entre el Estado de Guatemala y el BID. En este

mismo año, se definió la Estrategia Nacional de Educación Ambiental, respaldada por CONAMA, el Ministerio de Educación, el Consejo Superior Universitario y posteriormente por el Congreso de la República, por medio del Decreto 116-96 “Ley de Fomento de la Difusión de la Conciencia Ambiental”.

En 1991, los valores de respeto a la naturaleza como uno de los fines de la educación, fueron incluidos en Ley de Educación Nacional (Decreto 12-91 del Congreso de la República).

En febrero del año 1996 fue creada la Red Nacional de Formación e Investigación Ambiental (REDFIA), integrada por las Universidades de San Carlos de Guatemala, Rafael Landívar, del Valle de Guatemala, Mariano Gálvez, Rural y por la Asociación de Investigación y Estudios Sociales (ASIES), la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), CONAMA y posteriormente por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Después de la firma de los Acuerdos de Paz, en 1999, se determinó la necesidad de reformar el Sistema Educativo Nacional, buscando dentro de sus objetivos afirmar y difundir valores, conductas y conceptos básicos para una convivencia democrática y cultura de paz respetuosa del ambiente. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) fue creado en el año 2000, por medio del Decreto 96-2000, como ente rector de la gestión ambiental en Guatemala, su Reglamento Orgánico Interno fue creado por medio del Acuerdo Gubernativo 186-2001, en ambos se estableció que en conjunto con el Ministerio de Educación se debía diseñar la “Política Nacional de Educación Ambiental”.

La Política Nacional de Educación Ambiental consiste en una serie de directrices que rigen la adopción de la dimensión ambiental en el sistema educativo, por medio de objetivos y valores específicos para lograr el desarrollo sostenible, mediante la determinación de estrategias e instrumentos pertinentes. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2003)

La educación ambiental en Guatemala se desarrolla en tres escenarios:

- Formal: se refiere a la incorporación de la temática ambiental en el Currículo Nacional Base.

- No Formal: programas diseñados para atender las necesidades ambientales, educativas y comunitarias previamente identificadas, así como para producir beneficios al entorno, que respondan a dichas necesidades. Se realiza por medio de capacitaciones, charlas, talleres y conferencias en temas ambientales.
- Informal: actividades educativas no estructuradas que permiten relacionar a las personas con su ambiente. Estas actividades están orientadas a promover la conciencia de la población, por medio de campañas, concursos, foros, marchas, celebración de fechas conmemorativas, etc.

1.3.1 Objetivos de la Educación Ambiental

Uno de los fines de la educación en Guatemala, es impulsar el conocimiento de la ciencia y la tecnología, como medio para preservar el entorno ecológico o modificarlo de manera planificada, de tal manera que favorezca a la sociedad; para lograrlo es necesario desarrollar de forma integral y sostenible a los niños y adolescentes guatemaltecos, asegurando el fomento de valores como el respeto, la conservación y el cuidado del ambiente.

La educación ambiental debe orientarse a mejorar las capacidades de análisis, reflexión y acción de toda la población con respecto al ambiente y el uso racional de los recursos naturales, enfocándose en los siguientes objetivos:

- Favorecer el conocimiento de los problemas ambientales, a nivel nacional y mundial.
- Capacitar a la población para analizar de forma crítica la información ambiental.
- Facilitar la comprensión de los procesos ambientales en conexión con los sociales, económicos y culturales.
- Favorecer la adquisición de valores en pro del ambiente, fomentando actitudes críticas y constructivas.
- Apoyar el desarrollo de conceptos éticos que promuevan la protección del ambiente, desde una perspectiva de equidad y solidaridad.
- Capacitar a la población en el análisis de los conflictos socio ambientales, en la discusión de alternativas y en la toma de decisiones para su resolución.
- Fomentar la participación activa de la sociedad en asuntos de interés colectivo, potenciando la responsabilidad compartida hacia el entorno ambiental.

- Ser un instrumento que favorezca patrones de conducta sostenibles en todos los ámbitos de la vida.

1.3.2 Aspectos importantes de la Educación Ambiental

La educación ambiental debe abarcar a toda la sociedad, en tal sentido, los procesos educativos deben ser orientados hacia la generación de un sentimiento de responsabilidad compartida sobre el ambiente, en virtud de que los problemas ambientales afectan a toda la población.

En cualquier intervención de la educación ambiental deben tomarse en cuenta todos los puntos de vista posibles, para mantener un enfoque amplio y abierto que permita incluir los aspectos sociales, culturales y económicos, pero también los valores y sentimientos de la población.

Por medio de la educación ambiental debe potenciarse el pensamiento crítico e innovador, para que cada persona sea capaz de formar su propia opinión acerca de los problemas de carácter ambiental, para lo cual es indispensable el acceso y la difusión de la información. Uno de los grandes retos de la educación ambiental es orientar el aprendizaje de la población hacia la solución de problemas concretos; esto debe lograrse promoviendo la participación y el compromiso acerca de los procesos de toma de decisiones; este es el único camino para que las comunidades y las personas en forma individual se hagan conscientes de su capacidad de influencia para afrontar y resolver los problemas que les conciernen. (MARN, 2003)

La educación ambiental necesita recursos: humanos, técnicos y económicos, para adquirir el papel que le corresponde en la sociedad guatemalteca; adicionalmente, deben establecerse controles para garantizar el cumplimiento de las leyes ambientales, puesto que actualmente no se aplican sanciones de ningún tipo por prácticas no amigables con el ambiente, como tirar basura en las calles y en basureros clandestinos, utilizar ríos y lagos como vertederos de desechos, etc.

CAPÍTULO II

**Caracterización económica y social del municipio de Amatitlán
y de la cuenca del lago de Amatitlán**

2.1 Caracterización económica y social del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala

San Juan Amatitlán fue fundado el 24 de junio de 1549, durante la época colonial formó parte de la quinta provincia, formada por Sacatepéquez y Amatitlán, el 20 de mayo de 1680 fue elevado a la categoría de Villa, el 28 de agosto de 1835 se le otorgó la categoría de ciudad y por un período de 4 años, hasta el 31 de mayo de 1839 fue capital del Estado de Guatemala.

Por medio del Decreto Legislativo No. 315 de fecha 6 de noviembre de 1839 se formó el Distrito Independiente de Amatitlán, que estuvo integrado por Palín, Petapa, Santa Inés Petapa (Villa Canales), Villa Nueva y Amatitlán, así como los lugares anexos a dichas poblaciones.

El 8 de mayo de 1866 por Acuerdo Gubernativo se le otorgó la categoría de Departamento al entonces conocido como Corregimiento de Amatitlán; este estuvo formado por: Amatitlán, San Pedro Mártir, San Vicente Pacaya, Palín, Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel y Santa Inés Petapa (Villa Canales).

Durante el gobierno del General Jorge Ubico, por Decreto Legislativo No. 2081 de fecha 29 de abril de 1935, se suprimió el departamento de Amatitlán y fue agregado como municipio al departamento de Guatemala, del cual forma parte en la actualidad.

Amatitlán es uno de los 17 municipios que forman parte del departamento de Guatemala; se encuentra ubicado a 28 kilómetros al sur de la ciudad capital (distancia medida entre sus parques centrales), su cabecera municipal se localiza a 1190 msnm, el municipio tiene una superficie de 114 kilómetros cuadrados. Está integrado por una ciudad: formada por 7 barrios, 1 cantón, 170 colonias y 4 asentamientos; en el área rural: 14 aldeas, 8 caseríos y varias fincas. Colinda al norte con los municipios de Villa Nueva, Villa Canales y San Miguel Petapa; al sur con los municipios de San Vicente Pacaya y Palín (Escuintla), Villa Canales (Guatemala); al este con los municipios de San Vicente Pacaya y Villa Canales; al oeste con los municipios de Magdalena Milpas Altas y Santa María de Jesús (Sacatepéquez). (Fajardo Gil, 2010)

El municipio de Amatitlán posee características económicas muy particulares, principalmente porque dentro de su territorio se encuentran ubicadas varias empresas pertenecientes a diversas ramas de la industria y agroindustria. De acuerdo al Censo de Población de 2002, se estima que su Población Económicamente Activa -PEA- es de 36.4%, aproximadamente la tercera parte de este grupo son mujeres. (Instituto Nacional de Estadística, 2014)

A pesar de que no se cuenta con la infraestructura adecuada, el aprovechamiento de los recursos naturales incluye actividades de turismo y deporte. (SEGEPLAN, 2010)

En el cuadro 1, se presenta un detalle del uso de la tierra y de la cobertura de bosques en el municipio de Amatitlán, de los 114 Km² de extensión territorial, el 68.87% está ocupado por construcciones que corresponden a centros poblados, zonas industriales y otros servicios, el 17.89% corresponde a territorio dedicado a la producción agrícola. La zona ocupada por pastos naturales, arbustos y matorrales corresponde al 1.65%, el área ocupada por bosque natural corresponde al 2.91%. Los cuerpos de agua ocupan el 7.96% del territorio, siendo el más importante el lago de Amatitlán. Las zonas áridas y mineras ocupan una parte muy pequeña del territorio del municipio, con tan solo el 0.73%. (AMSA, 2010)

Cuadro 1
Uso de la Tierra en el Municipio de Amatitlán
Departamento de Guatemala

Municipio de Amatitlán	Área (Km²)	Área (%)
Área Total	114.00	100.00
1. Construcciones	78.51	68.87
1.1 Centros Poblados	73.52	64.49
1.2 Industria	4.90	4.30
Agroindustria	0.32	0.29
Complejo Industrial	4.57	4.01
1.3 Otros Servicios	0.09	0.08
Cementerio	0.09	0.08
2. Agricultura	20.40	17.89
2.1 Agricultura Anual	10.59	9.29
Granos Básicos	10.59	9.29
2.2 Agricultura Perenne	6.04	5.30
Café	5.54	4.86
Aguacate	0.48	0.42
Plantación Forestal (coníferas)	0.02	0.02
2.3 Agricultura Semi-perenne	0.96	0.84
Caña de Azúcar	0.96	0.84
2.4 Huertos - Viveros y Hortalizas	0.40	0.35
Hortaliza – ornamental	0.40	0.35
2.5 Pastos Mejorados	2.41	2.11
Pastos cultivados	2.41	2.11
3. Arbustos – Matorrales	1.88	1.65
3.1 Pastos naturales y arbustos	1.88	1.65
Pastos naturales y/o yerbazales	0.42	0.37
Arbustos – Matorrales	1.46	1.28
4. Bosque Natural	3.31	2.91
Bosque latifoliado	2.14	1.88
Bosque conífero	0.34	0.30
Bosque mixto	0.83	0.73
5. Cuerpos de Agua	9.07	7.96
5.1 Lago	9.02	7.91
5.2 Río	0.06	0.05
6. Zonas Áridas y Mineras	0.83	0.73
6.1 Arena y/o material piroclástico	0.32	0.28
6.2 Minas descubiertas y otras superficies de excavación	0.48	0.42
6.3 Suelo estéril	0.03	0.03

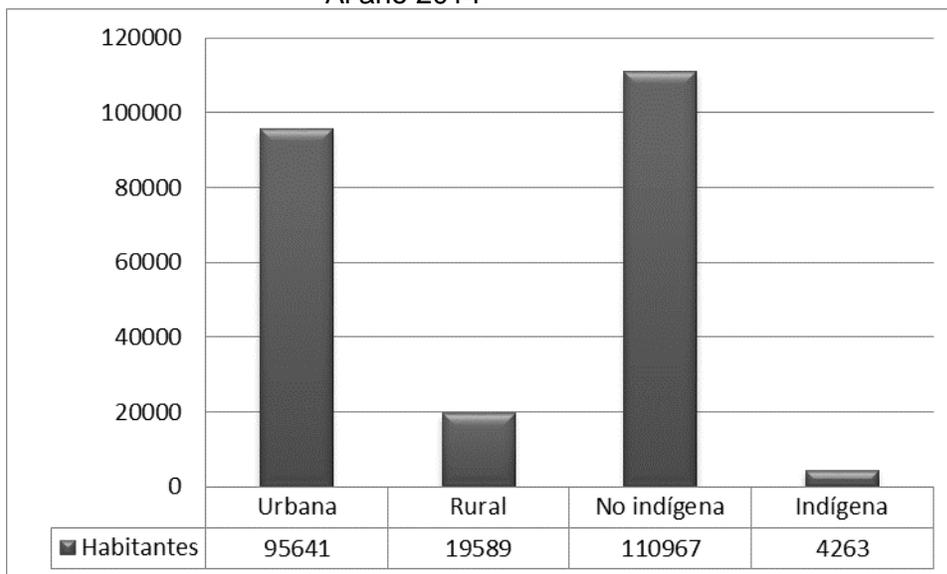
Fuente: Elaboración propia, con base en datos del INE, Censo Agropecuario 2003 y AMSA, La Cuenca y el Lago de Amatitlán, 2010.

2.2 Distribución territorial de la población

De acuerdo a la proyección del Instituto Nacional de Estadística (INE), tomando como base los resultados del Censo de Población y Habitación de 2002, para el año 2014, el municipio de Amatlán es habitado por 115,230 personas, de estas el 83% reside en el área urbana y 17% en el área rural, predominando la población no indígena 96.8%, la población indígena representa únicamente el 3.2% del total, fenómeno frecuente en las zonas con alto grado de urbanización.

El cálculo de concentración y densidad poblacional sobre una extensión territorial estimada en 114 kms², es de 1010 hab. /Km².

Gráfico 1
Distribución Territorial de la Población
Municipio de Amatlán
Al año 2014



Fuente: elaboración propia con base en proyección de la población del INE.

En el cuadro 2, se presenta un detalle de la estimación de la composición por edad y sexo de la población del municipio de Amatlán, hasta el año 2014, tomando como base los datos del último censo de población del INE.

Cuadro 2
 Estimación de la Composición de la Población
 del municipio de Amatitlán al año 2014
 Distribución por Sexo y Edad

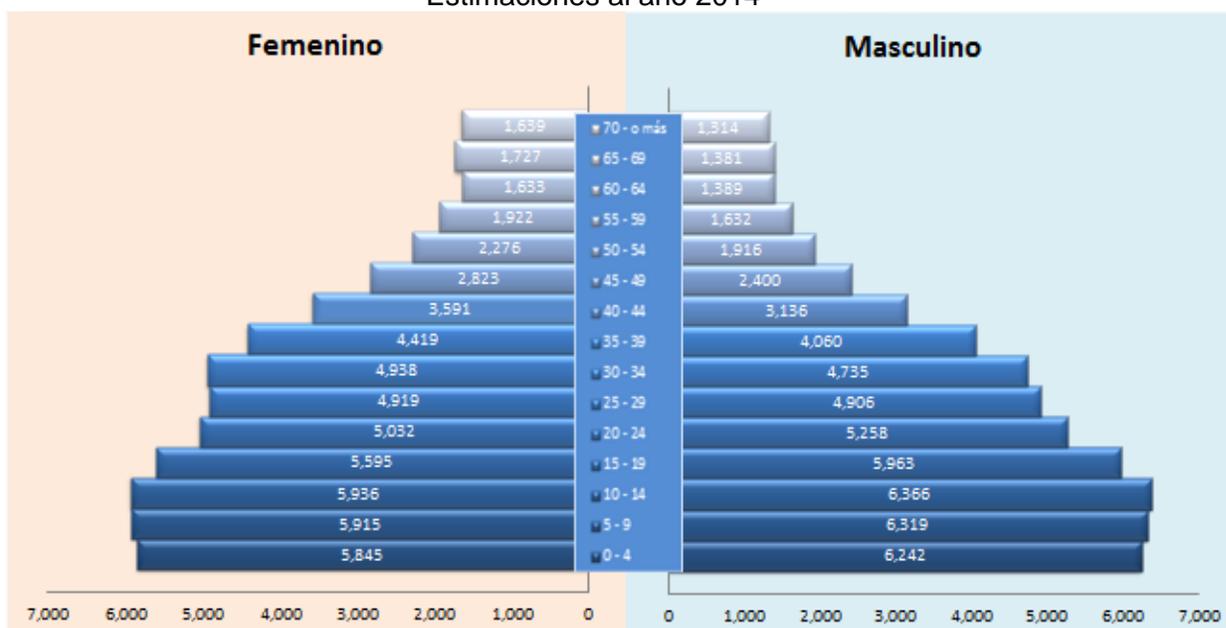
Edades	Femenino	%	Masculino	%	Total
0 – 4	5,845	5.1%	6,242	5.4%	12,088
5 – 9	5,915	5.1%	6,319	5.5%	12,234
10- 14	5,936	5.2%	6,366	5.5%	12,302
15 – 19	5,595	4.9%	5,963	5.2%	11,558
20 – 24	5,032	4.4%	5,258	4.6%	10,291
25 – 29	4,919	4.3%	4,906	4.3%	9,825
30 – 34	4,938	4.3%	4,735	4.1%	9,674
35 – 39	4,419	3.8%	4,060	3.5%	8,479
40 – 44	3,591	3.1%	3,136	2.7%	6,727
45 – 49	2,823	2.4%	2,400	2.1%	5,223
50 – 54	2,276	2.0%	1,916	1.7%	4,192
55 – 59	1,922	1.7%	1,632	1.4%	3,554
60 – 65	1,633	1.4%	1,389	1.2%	3,023
65 – 69	1,727	2.9%	1,381	2.3%	3,108
70 - o más	1,639	1.4%	1,314	1.1%	2,953
Total	58,211	50.5%	57,019	49.5%	115,230

Fuente: Elaboración propia con base en estimaciones del INE para el año 2014

En la estructura etaria del municipio de Amatitlán pueden distinguirse fácilmente tres grupos: la población joven entre 0 y 14 años de edad, la población en edad de trabajar entre 15 y 60 años de edad y el grupo de la tercera edad de 60 años de edad o más, que de acuerdo a lo establecido en el artículo 15 del Acuerdo 1124-2003 de la Junta Directiva del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, es la edad en la que se adquiere el derecho a pensionarse por riesgo de vejez, para los afiliados con anterioridad al 1 de enero de 2011, y de 62 años de edad para aquellos afiliados posterior a la fecha indicada. (Artículo 5, Acuerdo 1257-2010).

En Guatemala, la Población Económicamente Activa (PEA), está conformada por las personas de 15 años o más, que realizan algún tipo de actividad económica, o que se encuentran disponibles para trabajar y se encuentran en busca de trabajo. (ENEI, 2014)

Gráfico 2
 Pirámide Poblacional
 Municipio de Amatlán
 Estimaciones al año 2014



Fuente: Elaboración propia con base a estimaciones del INE para el año 2014

El primer grupo, dentro del rango de 0 a 14 años representa la base de la pirámide poblacional con el 31.78% (Gráfico 2). Este segmento de población demanda servicios en cuanto a educación, deportes, salud de diversa índole y específicamente se requiere un alto grado de atención social, así como la implementación de políticas y programas que prevengan su incorporación a la delincuencia, debido a la generación de condiciones que los convierten en una población altamente vulnerable.

El rango de población entre 15 y 60 años de edad, representa el 60.33%, a este grupo se le identifica como la población en edad de trabajar, cuyo principal requerimiento es la generación de fuentes de empleo. La población de la tercera edad de 60 años de edad o más, representa el 7.88% del total, este grupo requiere principalmente de atención en salud y protección social.

En el caso de Amatlán la PEA se estima en 41,900 personas, que representan el 60.3% de la población municipal en edad de trabajar.

2.3 Actividades económicas

Con el paso del tiempo han variado las actividades económicas de los habitantes del municipio de Amatitlán, entre los años 1830 y 1870 tuvo mucha relevancia el cultivo de la grana para producción de cochinilla y el cultivo de la caña de azúcar. Aún durante la primera parte del siglo XX, en el municipio predominaban la producción agropecuaria de subsistencia, oficios como albañilería y carpintería, comercio en pequeña escala, actividades relacionadas con la atención del sector turismo como la venta de comidas y dulces típicos. No es posible dejar de mencionar la pesca artesanal como una de las principales actividades económicas, hasta finales del siglo XX. (Fajardo Gil, 2010)

A partir de 1950 se establecieron varias industrias dedicadas a la producción de textiles, herramientas de mano, etiquetas y estructuras metálicas. Entre 1975 y 1985, los movimientos obreros provocaron la persecución de dirigentes sindicalistas y el cierre de fábricas, lo que ocasionó efectos muy negativos en la economía del Municipio, debido a que se redujeron las fuentes locales de trabajo, además, el sector empresarial evitó durante algún tiempo la contratación de obreros provenientes de Amatitlán; de tal forma que la demanda de empleos superó la oferta de puestos de trabajo.

En la actualidad la principal actividad de la población del Municipio es en el sector servicios, en oficinas, empresas o industrias ubicadas en la ciudad de Guatemala y otros lugares como Villa Nueva y Escuintla, hacia donde se transportan por medio de buses extraurbanos o vehículos particulares; el viaje de ida se realiza en horario de 5:00 a 9:00 a.m. y el retorno entre las 5:00 y 10:00 p.m. Este diario desplazamiento ha convertido a Amatitlán en lo que se ha llamado “ciudad dormitorio”.

2.3.1 Sector agrícola

En el municipio de Amatitlán, como ocurre en la mayor parte del territorio nacional, la mayoría de agricultores se dedica al cultivo de maíz y frijol, pero también se cultivan gran variedad de productos agrícolas, es importante la producción de ayote y calabaza, banano, café, cítricos, chile, plátano, tabaco, tomate y pacaya. Aunque existen fincas con una amplia extensión territorial, el tamaño promedio de estas es de menos de una manzana, lo que origina que se cultive gran variedad de productos. (SEGEPLAN, 2010)

En la tabla 1, se muestra un detalle de los principales productos agrícolas del municipio de Amatitlán.

Tabla 1
Cultivos de mayor importancia económica
Municipio de Amatitlán
Departamento de Guatemala

Nombre común	Nombre científico
Ayotes y calabazas	Cucúrbita sp
Banano	Musa sapientum
Café	Coffea arabica
Cítricos (limón, naranja, mandarina)	Citrus spp
Chile	Capsicum frutescens
Guineo, Majunche, Manzanito	Musa spp
Flor de Izote	Yucca elephantipes
Frijol	Phaseolus vulgaris
Jocote de Corona	Spondias purpurea
Maíz	Zea mays L.
Maní	Arachis hypogaea
Plátano	Musa paradisiaca
Tabaco	Nicotiana tabacum
Tomate	Lycopersicon esculentum
Pacaya	Chamaedorea costaricana

Fuente: Monografía del municipio de Amatitlán, Óscar Fajardo Gil, 2010.

La producción agrícola satisface el consumo interno, algunos excedentes son destinados al comercio con otros municipios, la mayor parte de la producción agrícola se concentra en las aldeas y caseríos del Municipio, con excepción de la producción de semillas y follajes ornamentales que se encuentra dentro del límite urbano.

2.3.2 Sector pecuario

El ganado vacuno fue traído por primera vez a Guatemala en 1530, procedente de México; la crianza se desarrolló principalmente en la costa sur y en las márgenes del río Michatoya. En un principio, esa crianza se concentró en el Valle de las Vacas, cerca de la actual capital de Guatemala, rápidamente se propagó a otras áreas, de tal forma que pronto hubo ganado de este tipo en Amatitlán.

Hoy en día existen pequeñas crianzas de bovinos en el municipio de Amatitlán, principalmente de razas lecheras: Holstein, Brown Swiss, Salmeco (criollo) y algunos cruces, en hatos generalmente no mayores de 50 cabezas. Las principales micro-ganaderías se encuentran en el caserío El Rincón, en el Barrio El Ingenio, y en algunas aldeas como Las Trojes, Agua de las Minas, Llano de Animas, Laguna Seca, Calderas y Loma Larga. También hay crianzas de porcinos, algunas de ellas con alto grado de tecnificación, como es el caso de la Granja Maravilla, ubicada en la Colonia Progreso II y la Granja Toledo ubicada en la Colonia González, las cuales forman parte de la Asociación de Porcicultores de Guatemala (APOGUA).

En las granjas avícolas del municipio se producen huevos, carne y pollo en pie, principalmente con orientación hacia el mercado nacional. (Fajardo Gil, 2010)

2.3.3 Sector industrial y comercial

La ciudad de Amatitlán, especialmente el centro, se ha transformado en una zona comercial, con establecimientos pequeños y medianos. En ese sector, prácticamente todas las puertas son un negocio, una venta de algún producto o servicio. A partir de noviembre de 2001, la Oficina de Servicios Públicos de la Municipalidad, ha efectuado estudios de campo, para determinar el número de establecimientos comerciales en la ciudad de Amatitlán. Estos datos permiten establecer las principales ofertas de productos y servicios. Aproximadamente entre el 75 - 79% cuenta con registro municipal.

Un considerable número de este tipo de negocios, especialmente los que se dedican a la venta de comida y artículos al menudeo, se catalogan como parte del subempleo o economía informal, debido a que no poseen registros formales, ni control tributario; este es un fenómeno relacionado con el déficit de empleo y la generación formal o estable de ingresos. (Fajardo Gil, 2010)

En el municipio de Amatitlán se encuentran establecidas varias empresas industriales y agroindustriales, dedicadas al procesamiento o producción de materiales para construcción, agroquímicos, semillas y follajes ornamentales, estufas, refrigeradoras y batería de cocina, pinturas, estructuras metálicas, materiales ornamentales, procesamiento de café en grano, químicos industriales y maquiladoras de ropa.

Tabla 2
Principales Empresas Industriales y Agroindustriales
Municipio de Amatitlán

Empresa	Tipo de producción
Aceros Arquitectónicos, S. A.	Tubos, estructuras y perfiles de acero
Agriequipos	Equipos agroindustriales
Aldán, S. A.	Maquila de ropa
Alinsa	Aluminios industriales
Avícola Los Juanes	Crianza de pollo, procesamiento de carne de pollo
Avícola Villalobos	Crianza de pollo, procesamiento de carne de pollo
Bayer de Guatemala	Agroquímicos
Beneficio Aurora	Café
Beneficio Coex San Antonio	Café
Beneficio El Trébol	Café
Beneficio La Maternal	Café
Beneficio Michatoya Export	Café
Bloteca, S. A.	Materiales de construcción
Bonaparel	Maquila de ropa
Cartones y Cajas, S. A.	Empaques industriales
Cementos Tolteca	Distribución de cemento y cal
Corporación Gala	Bodegas industriales
De La Fuente	Agua purificada
Duroport	Artículos de duroport
El Volcán	Pinturas y revestimientos
Farmacéutica Industrial	Medicamentos
Jardines Mil Flores	Semillas y follajes
Prohinsa	Materiales de construcción
Maya Textil	Maquila de ropa
Quan Lim	Maquila de ropa
Proconsa	Materiales de construcción
Tappan IMCA	Estufas y accesorios de cocina
Empacadora Toledo	Embutidos
Transmeridian	Químicos industriales
Vigua	Vidrios
Wan Lee	Maquila de ropa
YKK	Maquila de ropa

Fuente: Monografía del municipio de Amatitlán, Óscar Fajardo Gil, 2010.

2.4 El lago de Amatitlán

Estudios realizados evidencian que el lago de Amatitlán tiene su origen en la Era Cuaternaria, su formación se debe a movimientos tecto-volcánicos ocurridos en el área, provocados por la actividad de los volcanes de Pacaya, Agua, Fuego y Acatenango; en

sus inicios su extensión era de aproximadamente 80 Kms², ocupaba parte de la superficie de los municipios de Amatitlán, Villa Nueva y Villa Canales, esto ha sido demostrado por medio de los hallazgos de fósiles de caracoles y pequeños esqueletos de peces, durante excavaciones realizadas a principios del siglo XX. Durante la época precolombina el Lago fue la principal fuente de abastecimiento de agua y de alimento para los grupos sociales pocomames asentados en su alrededor. (AMSA, 1999)

2.4.1 Características Generales

El lago de Amatitlán es uno de los 5 cuerpos de agua más grandes de Guatemala, su volumen aproximado es de 282,100,000 m³, en la actualidad tiene una extensión de 15.1 km², la profundidad promedio de sus aguas es de 15 metros y la mayor de 32 metros. Consiste en dos masas de agua, separadas por un pequeño canal donde fue construido el relleno para ser utilizado como vía férrea, ambos lados poseen diferentes características físicas, químicas y biológicas. La parte oeste, donde está ubicada la playa pública de Amatitlán, recibe toda la contaminación que proviene de la región sur de la capital y de la cuenca del Río Villalobos. El agua de la misma porción del lago es drenada al Río Michatoya y se utiliza para generar energía hidroeléctrica en la planta Jurún Marinalá. (AMSA, 2015)

Los municipios que comparten las riberas del lago son: Amatitlán, Villa Canales, San Miguel Petapa y Villa Nueva. Su importancia social y económica radica en varios aspectos, entre ellos:

Es el último reservorio de agua dulce del área metropolitana. Otras fuentes de agua que abastecían a la ciudad y otras comunidades, se han secado gradualmente debido a la erosión del suelo y a la deforestación del área. (AMSA, 2010)

Es un medio de vida para las personas que habitan en sus riberas. Actividades de comercio informal como el alquiler de lanchas, la venta de comida, la producción artesanal de dulces y la manufactura de artesanías, les permiten a los pobladores obtener medios de subsistencia, el lago de Amatitlán es sumamente importante, ya que sus playas atraen a miles de turistas al año. Sus aguas también son utilizadas para la limpieza de ropa y utensilios de cocina e incluso para el aseo personal. (AMSA, 2010)

Por su cercanía a la ciudad capital, el lago se convierte en un destino de esparcimiento a bajo costo para la población de áreas cercanas, sin embargo, se estima que la cantidad de visitantes ha disminuido en los últimos años, debido al alto grado de contaminación en que se encuentra.

De las profundidades del lago se han extraído piezas artesanales que demuestran la presencia de los pocomames en la región. En sus riberas se encuentran vestigios de la época colonial: iglesias y trapiches evidencian la existencia de antiguos poblados. Sobre sus aguas se realiza la única procesión acuática en honor al Niño de Amatlán, el cual es venerado por muchos feligreses provenientes de pueblos vecinos; en honor a él, se celebra el 3 de mayo la tradicional y bicentenaria Feria de la Santa Cruz que atrae a muchos turistas y constituye fuente de ingresos para el municipio. (Chinchilla Aguilar, 1961)

En las aguas del Lago se realizan competencias de remo a nivel nacional e internacional; también se practican deportes exitosos para el país, tales como: vela y pesca.

Producción de energía eléctrica. La Planta La Laguna, ubicada a orillas del lago de Amatlán, utilizó indirectamente sus aguas para la generación de energía eléctrica. La planta estuvo equipada con 4 turbinas de gas y 2 de vapor, para las cuales se extraía agua del lago (aproximadamente $1\text{m}^3/\text{segundo}$) para la generación de vapor y enfriamiento del equipo; el agua se devolvía al lago luego de haber desempeñado una función de utilidad sumamente importante en el proceso termoeléctrico. La capacidad de generación de esta planta era de 115 MW.

Las aguas del lago de Amatlán forman parte del sistema que alimenta el embalse de la hidroeléctrica Jurún Marinalá, que genera alrededor de 60.85 MW, aproximadamente 5% de la energía total del país. (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2016)

El sistema Jurún Marinalá – Michatoya, utiliza dos embalses, uno natural, de regulación anual ubicado en el lago de Amatlán, en donde se encuentran instaladas 2 compuertas radiales con tableros abatibles de 5.00 x 4.45 mts., con accionamiento óleo – hidráulico, el volumen útil máximo del embalse es $32.7 \times 10^6 \text{ m}^3$, para que el caudal requerido sea vertido al cauce del río Michatoya. El embalse de regulación diaria de esta hidroeléctrica

tiene una capacidad de 112,000 m³, la superficie esta revestida de hormigón armado y equipado con una compuerta tipo vagón de 2.10 m., posee una compuerta de purga de 1.00 m. x 1.00 m., para limpieza del agua antes de que esta ingrese a las turbinas y un aliviadero (vertedero lateral) para regular el nivel máximo. (Sandoval López, 2004)

Producción agrícola. El lago de Amatitlán y sus afluentes favorecen la producción agrícola, por medio de la utilización de sus aguas para riego, principalmente de cultivos de maíz y frijol, además de caña de azúcar, frutas y hortalizas. La mayor parte de la producción agrícola se concentra en aldeas y caseríos del municipio, cuya producción satisface la demanda interna y adicionalmente, algunos excedentes se destinan al comercio con municipios cercanos. (Fajardo Gil, 2010)

Industria turística. A orillas del lago de Amatitlán funcionan varios hoteles y centros recreativos, entre ellos Hotel El Rocarena, Santa Teresita, Kawilal Hotel y Spa, Centro Recreativo Las Ninfas, IRTRA Amatitlán, etc., que en su mayoría han invertido en mejoras a sus instalaciones para atraer visitantes, dejando a un lado al lago como atractivo. (Fajardo Gil, 2010)

2.4.2 Hidrología

El lago recibe agua proveniente principalmente de la lluvia, y la que es recolectada por el Río Villalobos, desde la parte sur de la ciudad y de los poblados que se encuentran dentro de la cuenca.

El Lago drena sus aguas por medio del Río Michatoya, hacia el Río María Linda, que desemboca en el Océano Pacífico.

El nivel de agua del Lago varía de acuerdo a la estación climática del año, el caudal máximo que se ha registrado en el Río Villalobos es de 45 m³/s y el mínimo 0.75 m³/s.

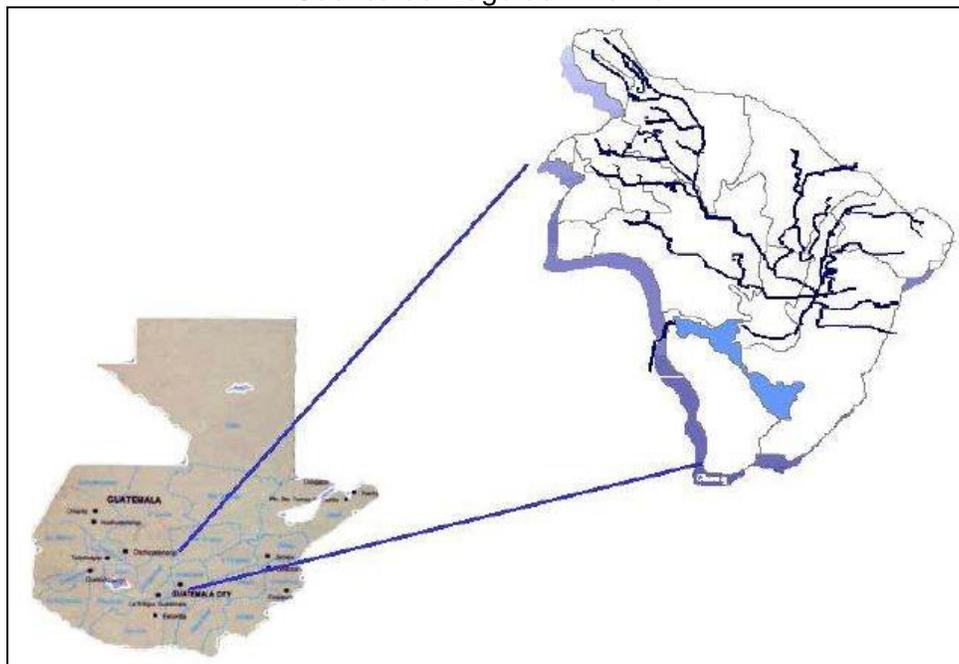
2.4.3 Clasificación Limnológica

El lago se encuentra entre los niveles de eutrófico – híper eutrófico. La clasificación está sujeta a las condiciones climáticas y estación del año.

2.5 Caracterización de la cuenca del Lago de Amatitlán

Se encuentra ubicada en el Valle de las Vacas o de la Ermita, está situada entre tres sistemas de fallas geológicas: Mixco, Pinula y Jalpatagua, formando el “graben” o fallas paralelas, en donde se encuentran asentados la mayor parte de los municipios del departamento de Guatemala. La cuenca del lago de Amatitlán comprende una extensión de 381.31 Kms², se encuentra dentro de la zona de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre; es una sub-cuenca del río María Linda, se ubica dentro de las coordenadas 14°22´75” a 14°42´ latitud Norte y 90°16´86” a 90°42´ longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

Figura 1
Ubicación Geográfica de la
Cuenca del Lago de Amatitlán

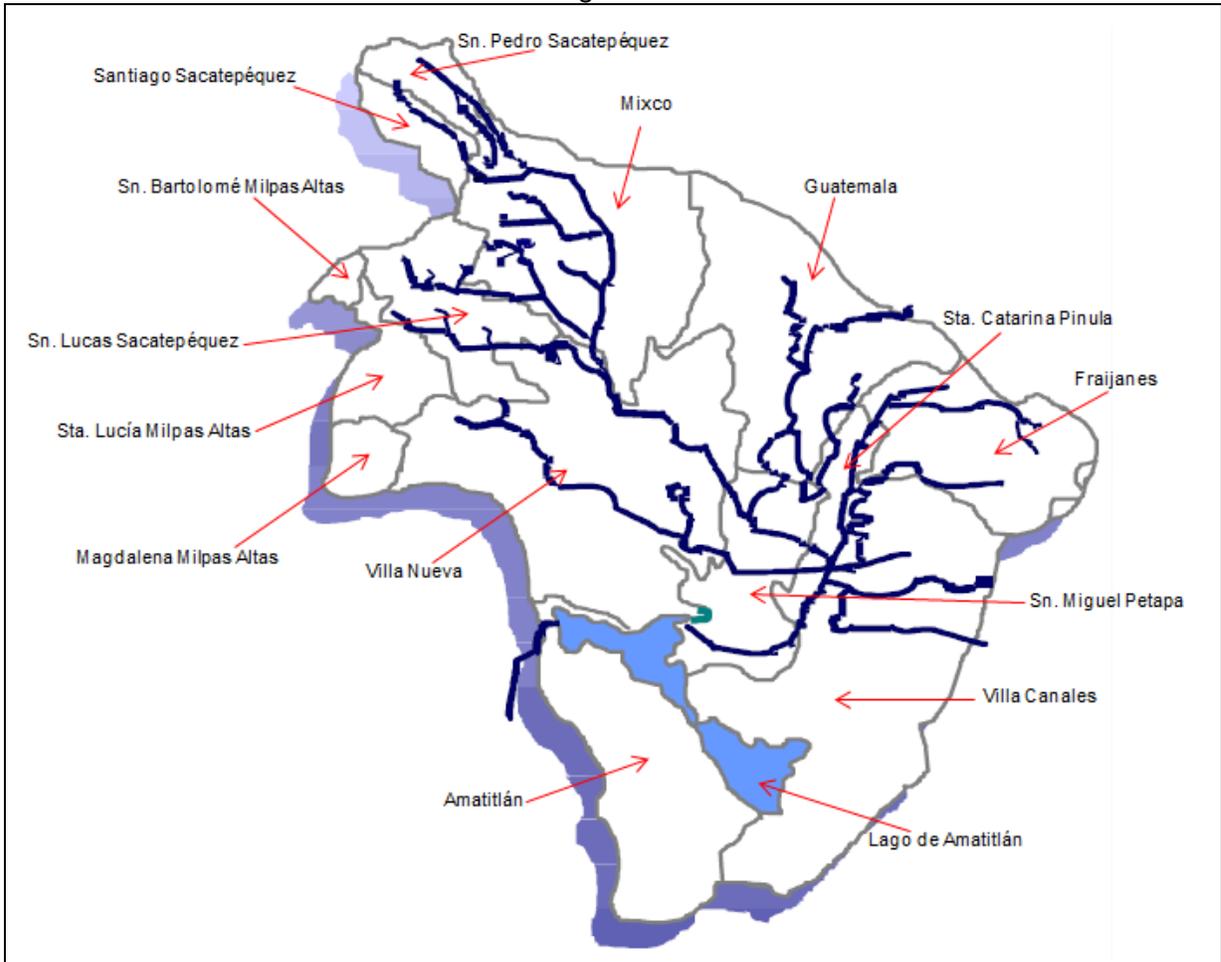


Fuente: La Cuenca y el Lago de Amatitlán. AMSA, 2010.

Los límites de la cuenca son: Norte: divisoria continental de aguas (Calzada Roosevelt y Boulevard Liberación hasta los Arcos en la Ciudad de Guatemala) y la cuenca del río Motagua de la Vertiente del Océano Atlántico; Oeste: con la cuenca del río Achiguate; Este: cuenca del río Los Esclavos; Sur: río Michatoya y parte media del río María Linda, que constituye una de las cuencas de la Vertiente del Pacífico.

La altitud del terreno varía entre 1,186 y 2,500 msnm. La parte alta de la Cuenca del Lago de Amatitlán es escarpada con mesetas planas; la parte media es una mezcla de terreno escarpado - ondulado y la parte baja es de ondulada a plana. La Cuenca del Lago de Amatitlán está formada por catorce municipios de los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez; de éstos, siete tienen una influencia directa mayo en el lago: Villa Canales, Santa Catarina Pinula, San Miguel Petapa, Mixco, Amatitlán, Guatemala y Villa Nueva, ver Figura 2 e información cuantitativa en el Cuadro 3. (AMSA, 2010)

Figura 2
Cuenca del lago de Amatitlán



Fuente: elaboración propia con base en mapa de AMSA, la Cuenca y el Lago de Amatitlán 2010.

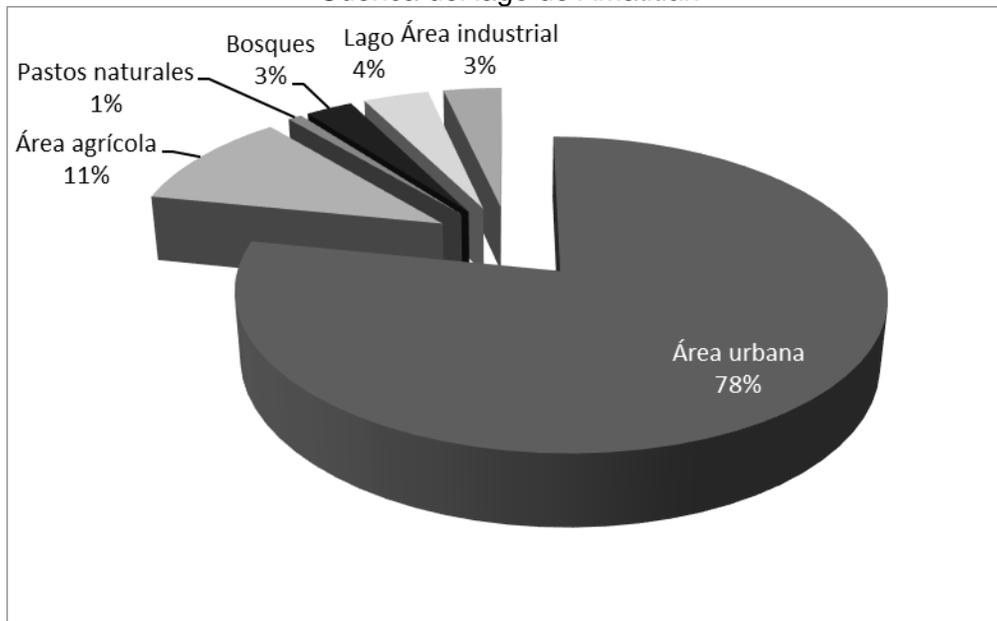
Cuadro 3
Municipios que forman parte de la
Cuenca del Lago de Amatitlán

Departamento	Municipio	Extensión Km ²	Área dentro de la cuenca Km ²
Guatemala	San Pedro Sacatepéquez	30.00	5.89
	Mixco	99.00	45.26
	Guatemala	228.00	42.65
	Santa Catarina Pinula	48.00	25.18
	San Miguel Petapa	20.14	20.14
	Villa Nueva	75.00	73.42
	Fraijanes	91.00	2.65
	Villa Canales	353.00	76.34
	Amatitlán	114.00	32.15
	Cuerpo del lago	15.11	15.11
Sacatepéquez	Santiago Sacatepéquez	15.00	5.74
	San Bartolomé Milpas Altas	7.00	1.77
	San Lucas Sacatepéquez	24.00	19.24
	Santa Lucía Milpas Altas	19.00	9.83
	Magdalena Milpas Altas	8.00	5.94
		1,146.25	381.31

Fuente: Elaboración propia con datos de AMSA, La Cuenca y el Lago de Amatitlán, 2010.

En la cuenca del lago de Amatitlán predomina el área urbana, que ocupa una extensión de 298.09 Km², equivalente a 78.2% del área total, le sigue el área destinada a la producción agrícola con una extensión de 40.66 Km², que representa el 10.7%, en tercer lugar se encuentra el área de 15.11 Km² que ocupa el lago, equivalente al 4%, el área industrial ocupa 13.42 Km², que corresponde al 3.5%, el bosque natural abarca 10.85 Km², equivalente a 2.8% y finalmente el área de pastos naturales que equivale al 0.8% del área, con una extensión de 3.18 Km². (AMSA, 2010)

Gráfico 3
Uso de la Tierra
Cuenca del lago de Amatitlán



Fuente: Elaboración propia, con base en datos del INE, Censo Agropecuario 2003 y AMSA, La Cuenca y el Lago de Amatitlán, 2010.

Las principales poblaciones que descargan desechos domésticos e industriales al lago se ubican en Villa Nueva, Villa Canales, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, la parte sur de la ciudad de Guatemala, así como las poblaciones y asentamientos ubicados en las propias riberas del lago. Al suroeste del lago se sitúa el municipio de Amatitlán, cuyos desechos se drenan al Río Michatoya, sin influir directamente en la contaminación del lago, salvo algunas colonias de reciente construcción. (AMSA, 2010) No obstante, algunas industrias como las citadas en la Tabla 2, contribuyen a la contaminación del lago. (Ver también Cuadro 11)

Ningún otro recurso lacustre en Guatemala tiene tanta presión social y urbana como el lago de Amatitlán. (Pape Yalibat, 1998)

Geología:

Los aspectos geológicos predominantes en la cuenca son: a) Sedimentos eólicos pluviales; b) Lacustres con flujos de ceniza; y, c) Lava basáltica y toba.

Existen alrededor de 30 fallas geológicas en la cuenca del lago de Amatitlán, localizándose la mayor cantidad en el área aledaña al río Villalobos. Todas estas derivadas de las tres grandes fallas de Guatemala: a) El Frutal, b) Jalpatagua, y c) Mixco. (AMSA, 2003)

Geomorfología:

La cuenca del lago de Amatitlán constituye una parte del altiplano de Guatemala, formando un terreno de relieve moderado, al norte de una cadena volcánica de la época cuaternaria que se extiende en dirección ONO-ESE (oriente norte – Este) paralela a la costa pacífica. Las elevaciones máximas de la cuenca son de 2,300 msnm y va disminuyendo progresivamente hasta llegar al valle de Guatemala a 1,500 msnm y en el área del lago se registran alturas de 1,200 msnm. La morfología cuneiforme del terreno, se debe a que el mismo se encuentra bisectado por una serie de fallas generadas por los afluentes del río Michatoya por el norte y al río Villalobos por el sur. Este sistema de fallas tiene orientación Oeste – Este desde el departamento de Chimaltenango hasta el departamento de El Progreso con rumbo noreste. (AMSA, 2003)

Suelos:

Básicamente los suelos que conforman la cuenca del lago son formaciones de origen volcánico de diferentes épocas, estas formaciones se han consolidado con el paso del tiempo hasta convertirse en formaciones rocosas de color café; los suelos superficiales poseen textura franco a franco arcilloso, siendo ligeramente ácidos y de un espesor que varía entre 25 y 50 centímetros. Los subsuelos por lo general son de textura franco arcilloso, de color café rojizo, con un potencial de hidrógeno ligeramente ácido y con profundidad, en algunos casos, de más de un metro. (AMSA, 2003)

La cuenca del río Villalobos está compuesta por aluvión; la parte norte del lago está compuesta por sedimentos eólicos, flujo de ceniza, sedimentos fluviales y lacustres sufriendo riesgos de licuefacción, solifluxión e inundaciones. Los suelos superficiales de esta área están formados por una capa orgánica que varía entre 20 y 75 centímetros de profundidad, formaciones de arena blanca, materiales de relleno, roca y disposiciones volcánicas. (AMSA, 2010)

Condiciones climáticas:

El clima está marcado por dos estaciones: la seca, entre los meses de noviembre a abril y la lluviosa entre los meses de mayo a octubre, la humedad relativa del aire oscila entre 75 y 80%, la temperatura promedio en el área de la cuenca es de 20°C, mínima 16°C, máxima 30°C, predomina la dirección del viento noreste con 90%, dirección del viento sureste 10%, con una velocidad promedio que va de 20 a 30 Km/hora, hacia el sur con dirección hacia el cañón de Palín, pasando sobre el lago de Amatitlán. La precipitación pluvial es variable, se han registrado precipitaciones en la zona del lago hasta de 1100 mm por año, sin embargo, la cantidad de lluvia ha disminuido considerablemente en la última década. (AMSA, 2010)

Recurso hídrico:

La cuenca del Lago de Amatitlán está conformada por varias microcuencas cuyas aguas convergen en el principal afluente del lago, es decir el río Villalobos, que lleva agua de la parte sur de la ciudad capital de Guatemala y de todos los poblados que se encuentran en su camino. Los ríos que forman parte de la cuenca del lago de Amatitlán suman 289 kilómetros lineales de longitud, siendo los principales: Platanitos, Pinula, Las Minas, Tulujá, El Bosque, Molino, San Lucas y Parrameño. (AMSA, 2010)

En el kilómetro 12.5 de la carretera CA-9 Sur, a la altura del complejo de puentes Villalobos, se unen las aguas de los ríos Molino y San Lucas formando el río Villalobos, tomando su nombre desde este punto hasta la desembocadura en el lago de Amatitlán; es el principal río de la cuenca, nace a una altura de 1480 metros sobre el nivel del mar, su micro cuenca tiene una extensión de 61.76 Km² y una longitud de 22 kilómetros. Hacia el lado Este del lago, drenan directamente los ríos Pumpumay y Chanquín. El río Michatoya es el desagüe del lago y drena sus aguas hacia el río María Linda, que desemboca en el Océano Pacífico. (AMSA, 2003)

Figura 3
Red Hidrográfica
Cuenca del Lago de Amatitlán



Fuente: Calidad de agua de la Cuenca y del Lago de Amatitlán. AMSA, 2015.

Prácticamente todos los ríos que forman la cuenca del lago de Amatitlán se encuentran contaminados por las descargas domiciliarias e industriales de la zona, en época de lluvia, el agua arrastra lodo, basura, material vegetal, ripio, etc.

Los niveles de agua varían dependiendo de la estación climática del año, el caudal máximo que se ha registrado en el río Villalobos es de 45 m³/segundo y mínimo de 0.75 m³/segundo. (Portal Web AMSA, 2015)

Recursos biológicos:

De acuerdo a la definición de la FAO (por sus siglas en inglés) Organización para la Alimentación y la Agricultura de Naciones Unidas (Food and Agriculture Organization of the United Nations), los recursos biológicos comprenden todos los seres orgánicos o sus partes, material genético, poblaciones o cualquier componente biótico de los ecosistemas que posean un valor real o potencial para la humanidad, es decir, que pueden ser aprovechados por el hombre para el desarrollo económico y social. (Sitio Web FAO)

En la cuenca del lago de Amatitlán, existen dos zonas de vida bien definidas, en las que se encuentran recursos de vegetación y fauna limitados. Las dos zonas que componen el área de la cuenca son: i) Bosque húmedo subtropical templado (bh-S (t)), al norte y sur del área del lago de Amatitlán, esta zona cubre el 87% de la extensión total de la cuenca, abarca las partes medias y bajas de las micro-cuencas Parrameño, San Lucas, El Molino, Platanitos, toda la micro-cuenca Villalobos, la mayor parte de la micro-cuenca Pinula, Las Minas, Tulujá, El Bosque y el Lago de Amatitlán y ii) Bosque húmedo montano bajo (bh-MB), localizado al noreste y noroeste, abarca el restante 13% de la superficie. La zona de bosque húmedo montano bajo cubre las partes altas de las microcuencas Platanitos, Parrameño, San Lucas y Molino. (AMSA, 2010)

En la tabla siguiente se presenta un listado de los recursos de vegetación y fauna que se encuentran en la zona de la cuenca del lago de Amatitlán.

Tabla 3
Especies de vegetación y fauna
Cuenca del lago de Amatitlán

Vegetación		Fauna	
Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Pinabete	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Guapote tigre	<i>Cichlasoma managuense</i>
Pino amarillo	<i>Pinus oocarpa</i>	Tilapia	<i>Tilapia mossambica</i>
Ocote	<i>Pinus montezumae</i>		
Curata	<i>Curatella americana</i>		
Roble	<i>Quercus sp</i>		
Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>		
Higuera	<i>Ficus sp</i>		

Fuente: Elaboración propia con datos de CUNOC, Caracterización de la cuenca del Lago de Amatitlán, 2013.

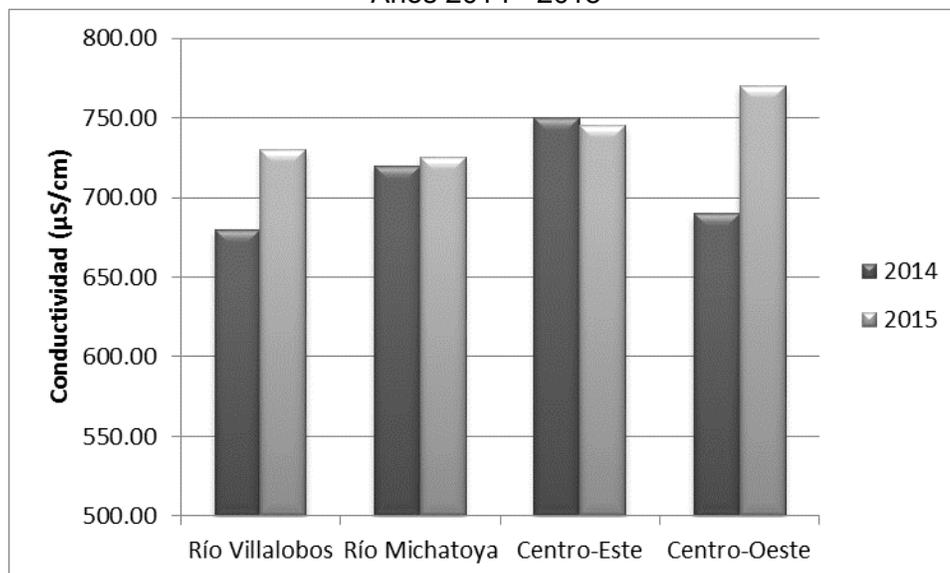
Conductividad en el Lago de Amatitlán:

La conductividad es una medida de los sólidos totales disueltos conductores de electricidad en el agua del lago, a la vez, evidencia los procesos de escorrentía y erosión a los que encuentra sometida la cuenca. La unidad estándar de conductividad es el S/m (Siemens/metro) y sin otro calificativo, se refiere a 25 °C (temperatura estándar). A menudo, en la industria se utiliza la tradicional unidad de $\mu\text{S}/\text{cm}$ (micro Siemens/centímetro), cuyos valores son más altos que los de $\mu\text{S}/\text{m}$ en un factor de 100. En los muestreos realizados las cifras se mantuvieron en el rango 680-750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2014, y 730-770 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2015, apreciándose un aumento en la cantidad de sólidos provenientes del Río Villalobos hacia el lago de hasta 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en promedio.

Entre 2014 y 2015, el nivel mínimo se midió en el punto de muestreo de la desembocadura del Centro-Este, debido a que no se encuentra en la ruta de las corrientes provenientes del Río Villalobos, en donde se registraron los niveles máximos. La ruta de las corrientes fluye desde la desembocadura del Río Villalobos, hasta el Río Michatoya, en el extremo oeste del lago. (AMSA, 2015)

Los resultados obtenidos en los muestreos realizados se grafican a continuación:

Gráfico 4
Conductividad en el Lago de Amatitlán
Años 2014 - 2015



Fuente: Elaboración propia, con datos de Calidad de agua de la cuenca y Lago de Amatitlán. AMSA, 2015.

CAPÍTULO III

Causas y costos de la contaminación del lago de Amatitlán

3.1 Causas económicas y sociales del proceso de contaminación del lago de Amatitlán

La contaminación del lago de Amatitlán es un problema que afecta de forma directa la actividad económica formal e informal del Municipio.

La economía formal, de acuerdo con las leyes vigentes del país, está integrada por las empresas que se encuentran inscritas en el Registro Mercantil General de la República, en el Registro Tributario Unificado de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT) y el Registro de Patronos del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), de tal manera, entendemos como sector informal a trabajadores por cuenta propia, negocios de tipo familiar o aquellos que emplean trabajadores ocasionales, sin contrato formal y que no poseen cobertura alguna de seguridad social.

Son varias las fuentes que provocan la contaminación del Lago, de las cuales destacan dos: el arrastre de grandes cantidades de residuos y sustancias de desecho (domésticas, industriales y agrícolas principalmente), y el arrastre de descargas de agua doméstica e industrial sin tratamiento. Los ríos que desembocan en el Lago son los canales que arrastran grandes cantidades de residuos y sustancias dañinas; algunos de estos ríos son: Platanitos, Parrameño, San Lucas, El Molino, Pinula, Las Minas, Tulujá, El Bosque, El Arenal y Villalobos, además las quebradas de El Frutal y El Guadrón. (AMSA, 2010)

El río Villalobos desemboca en el Lago de Amatitlán, alimentado por el agua de sus afluentes citados anteriormente. Durante la época de lluvias el río Villalobos incrementa su caudal, arrastrando grandes cantidades de sedimentos que provienen de los catorce municipios que forman parte de la cuenca. Las estimaciones que han sido realizadas por diferentes entidades, indican que en un año el río Villalobos arrastra hacia el lago 75 mil toneladas de basura (provenientes de barrancos, calles, cunetas y basureros clandestinos). Además, el río arrastra más de 500 mil toneladas de tierra, producto de la erosión de los suelos. Todo esto ha provocado que el Lago de Amatitlán pierda profundidad, disminuya su área, volumen de agua y que en conjunto esté sumamente contaminado.

Se estima que en 5 años, el lago pierda aproximadamente 50 mil mts² de extensión. (AMSA, 2010)

A través del río Villalobos también llegan al lago descargas de aguas servidas domiciliarias de distintas áreas residenciales y desechos industriales, estas aguas contienen grandes cantidades de materia orgánica, nitrógeno y fósforo los cuales son nutrientes que permiten el crecimiento desmedido de algas, dando origen al proceso de enriquecimiento de las aguas con nutrientes (eutroficación). (AMSA, 2010)

Un río, un lago o un embalse sufren eutroficación cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes, lo que a primera vista podría parecer positivo, puesto que facilitaría la existencia de seres vivos, sin embargo, la realidad es distinta, el problema consiste en que el exceso de nutrientes provoca el crecimiento desmedido de plantas y otros organismos, que posteriormente, al morir, se pudren, ocasionando malos olores y dando un aspecto nauseabundo al agua, disminuyendo drásticamente su calidad, debido a que el proceso de putrefacción consume una gran cantidad de oxígeno, ocasionando que el agua deje de ser apta para la mayoría de los seres vivos; el resultado final es un ecosistema destruido. (Echarri, 2007)

Debe tomarse en consideración que el suelo de la cuenca se encuentra sumamente erosionado, debido a la extracción de arena para actividades de urbanización y fabricación de materiales de construcción. La erosión de los suelos de la cuenca provoca que grandes cantidades de tierra, arena y sedimento escurra hacia los ríos y lleguen al lago de Amatlán, este proceso hace que se pierda profundidad de sus aguas. La erosión del suelo impide que el agua de lluvia se filtre hacia los mantos freáticos o ríos subterráneos, esto representa un serio problema para la población, ya que cada vez es más difícil encontrar agua para uso humano. Luego, los hogares, las industrias y empresas están haciendo poco o nada por asumir los costos sociales que implica la contaminación del lago de Amatlán.

3.1.1 Crecimiento Poblacional

El lago de Amatitlán es afectado de forma directa y negativa por el crecimiento acelerado de la población de la ciudad capital y de las áreas urbanas cercanas a la zona de influencia de la cuenca (región sur del área metropolitana de Guatemala). Es importante destacar que las proyecciones de crecimiento poblacional elaboradas por el INE, con base en el XI Censo Nacional de Población, muestran que la tasa anual de crecimiento a nivel nacional para el período 2008 a 2015 desciende de un promedio anual de 2.5% a 2.34% para el último de los años.

Cuadro 4
Tasa de crecimiento de Población Total
República de Guatemala
del año 2008 al 2015

Año	Proyección de Población	Tasa de Crecimiento
2008	13,677,815	2.50
2009	14,017,657	2.48
2010	14,361,666	2.46
2011	14,713,763	2.45
2012	15,073,375	2.44
2013	15,438,384	2.42
2014	15,806,675	2.39
2015	16,176,133	2.34
Promedio		2.44

Fuente: Proyección de crecimiento poblacional del INE

Mientras que la proyección de crecimiento poblacional en los municipios de la cuenca descienden de 2.95% de crecimiento anual para los años 2002-2003, a 1.31% para el periodo 2013-2014, no obstante, entre 2002 y 2014, esto representó un incremento de población absoluta en las circunscripciones municipales de 588,989 personas; quizás más de la mitad de ellas viviendo en el área de la cuenca bajo estudio, incrementando la presión por contaminación del recurso hídrico del lago de Amatitlán. De acuerdo con la proyección de crecimiento poblacional del Instituto Nacional de Estadística (INE), al año 2014 esta área muestra un crecimiento menor que el promedio nacional, aunque en los municipios cercanos al lago la tasa de crecimiento poblacional es superior a 2.1%, en conjunto los municipios de la cuenca representan el 13% del total de crecimiento a nivel nacional.

Cuadro 5
Proyección de Población
en los 14 Municipios que forman parte de la cuenca del Lago de Amatitlán
del año 2002 al 2014

Depto.	Municipio	2002	2003	% de Crec	2004	% de Crec	2005	% de Crec	2006	% de Crec	2007	% de Crec	2008	% de Crec	2009	% de Crec	2010	% de Crec	2011	% de Crec	2012	% de Crec	2013	% de Crec	2014	% de Crec
Guatemala	San Pedro Sac.	31503	32,689	3.76%	33,723	3.16%	34,931	3.58%	35,921	2.83%	37,275	3.77%	38,261	2.64%	39,136	2.29%	40,069	2.36%	40,967	2.27%	41,860	2.18%	42,740	2.10%	43,605	2.02%
	Mixco	403,689	414,942	2.79%	425,621	2.57%	435,827	2.40%	444,532	2.02%	453,382	1.93%	462,753	1.93%	469,224	1.40%	474,421	1.11%	479,238	1.02%	483,705	0.93%	487,830	0.85%	491,619	0.78%
	Guatemala	942,348	949,932	0.80%	956,527	0.69%	962,892	0.67%	968,483	0.58%	974,832	0.66%	980,160	0.55%	984,655	0.46%	988,160	0.35%	990,750	0.26%	992,541	0.18%	993,562	0.10%	993,915	0.03%
	Catalina Pinula	63,767	66,398	4.13%	69,023	3.95%	71,778	3.99%	74,619	3.96%	77,753	4.20%	80,781	3.89%	82,976	2.72%	85,290	2.79%	87,589	2.70%	89,876	2.61%	92,150	2.53%	94,410	2.45%
	San Miguel Petapa	101,242	107,843	6.52%	114,763	6.42%	121,954	6.27%	129,756	6.40%	137,845	6.23%	145,133	5.29%	150,796	3.90%	156,790	3.98%	162,874	3.88%	169,054	3.79%	175,331	3.71%	181,704	3.63%
	Villa Nueva	355,901	379,183	6.54%	399,362	5.32%	419,921	5.15%	439,672	4.75%	458,992	4.35%	474,368	3.35%	488,335	2.94%	501,395	2.67%	514,335	2.58%	527,174	2.50%	539,909	2.42%	552,535	2.34%
	Fraijanes	30,701	32,133	4.66%	33,592	4.54%	35,294	5.07%	36,969	4.75%	38,581	4.36%	40,114	3.97%	41,327	3.02%	42,607	3.10%	43,886	3.00%	45,167	2.92%	46,448	2.84%	47,730	2.76%
	Villa Canales	103,814	108,382	4.40%	113,094	4.35%	118,183	4.50%	122,943	4.03%	128,193	4.27%	131,984	2.96%	135,618	2.75%	139,449	2.83%	143,258	2.73%	147,050	2.65%	150,823	2.57%	154,577	2.49%
	Amatitlán	82,870	86,083	3.88%	89,181	3.60%	92,322	3.52%	95,105	3.01%	98,248	3.30%	100,933	2.73%	103,272	2.32%	105,738	2.39%	108,165	2.29%	110,556	2.21%	112,912	2.13%	115,230	2.05%
	Santiago Sac.	22,038	22,894	3.88%	23,734	3.67%	24,512	3.28%	25,267	3.08%	26,021	2.98%	26,881	3.31%	27,524	2.39%	28,167	2.34%	28,810	2.29%	29,457	2.24%	30,103	2.19%	30,747	2.14%
	San Bartolomé Milpas Altas	5,291	5,597	5.78%	5,906	5.52%	6,241	5.67%	6,583	5.48%	6,991	6.20%	7,380	5.57%	7,684	4.12%	7,986	4.06%	8,317	4.01%	8,647	3.97%	8,986	3.92%	9,333	3.86%
	San Lucas Sac.	18,394	19,005	3.32%	19,748	3.91%	20,384	3.22%	21,066	3.30%	21,934	4.17%	22,808	3.98%	23,401	2.60%	23,997	2.54%	24,595	2.49%	25,198	2.45%	25,804	2.40%	26,410	2.35%
	Santa Lucía Milpas Altas	10,126	10,634	5.02%	11,164	4.98%	11,623	4.11%	12,267	5.54%	12,745	3.90%	13,258	4.02%	13,695	3.30%	14,138	3.24%	14,589	3.19%	15,048	3.15%	15,515	3.10%	15,987	3.04%
	Magdalena Milpas Altas	8,331	8,545	2.57%	8,812	3.12%	9,107	3.35%	9,395	3.16%	9,698	3.23%	9,999	3.11%	10,218	2.19%	10,436	2.13%	10,654	2.08%	10,871	2.04%	11,088	1.99%	11,302	1.94%
Total	2,180,015	2,244,260	2.95%	2,304,250	2.67%	2,364,969	2.64%	2,422,868	2.45%	2,483,090	2.49%	2,534,814	2.08%	2,577,861	1.70%	2,618,635	1.58%	2,658,027	1.50%	2,696,205	1.44%	2,733,191	1.37%	2,769,004	1.31%	

Fuente: Elaboración propia con base en datos de proyección poblacional del INE

Cuadro 6
Comparación del Crecimiento Poblacional
Total República - Cuenca del Lago de Amatitlán
Censo 2002 - Proyección 2014

	Censo 2002	Proyección 2014	Crecimiento absoluto	%
Total habitantes República	11,237,196	15,806,675	4,569,479	100%
Total habitantes Cuenca Lago Amatitlán ¹	2,180,015	2,769,004	588,989	13%

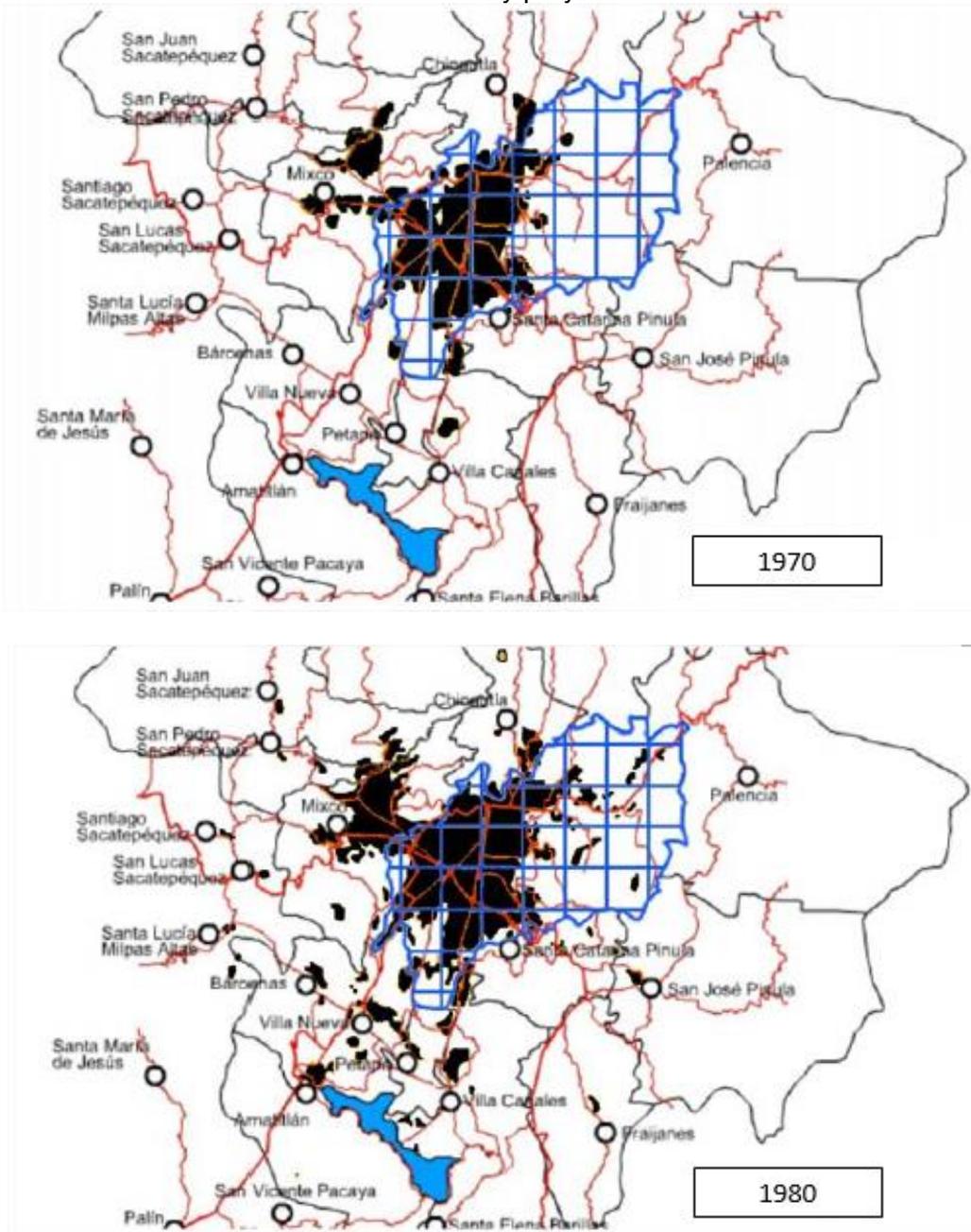
Fuente: Elaboración propia con base en datos de proyección poblacional del INE

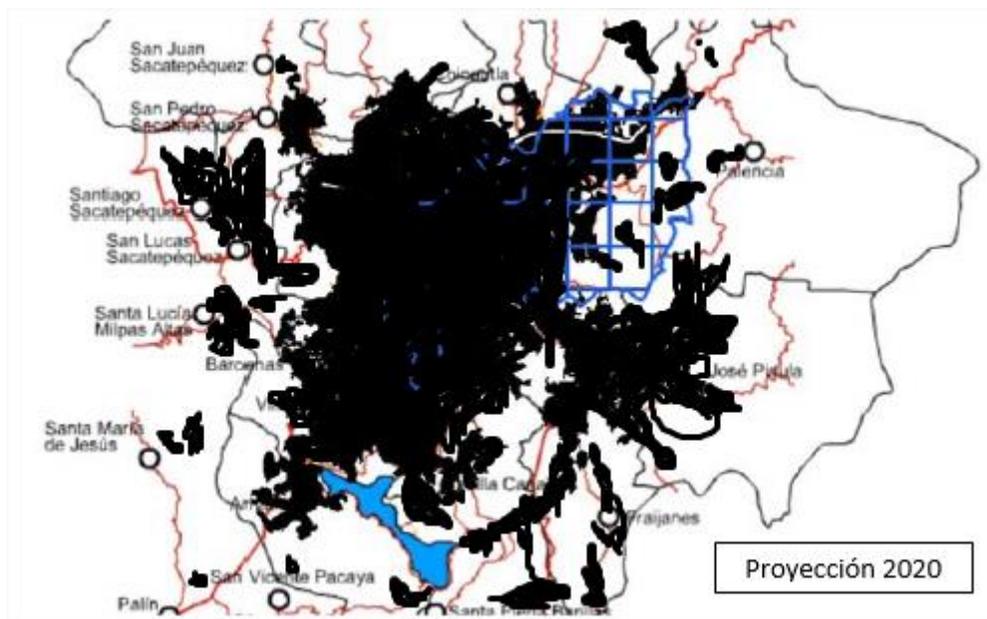
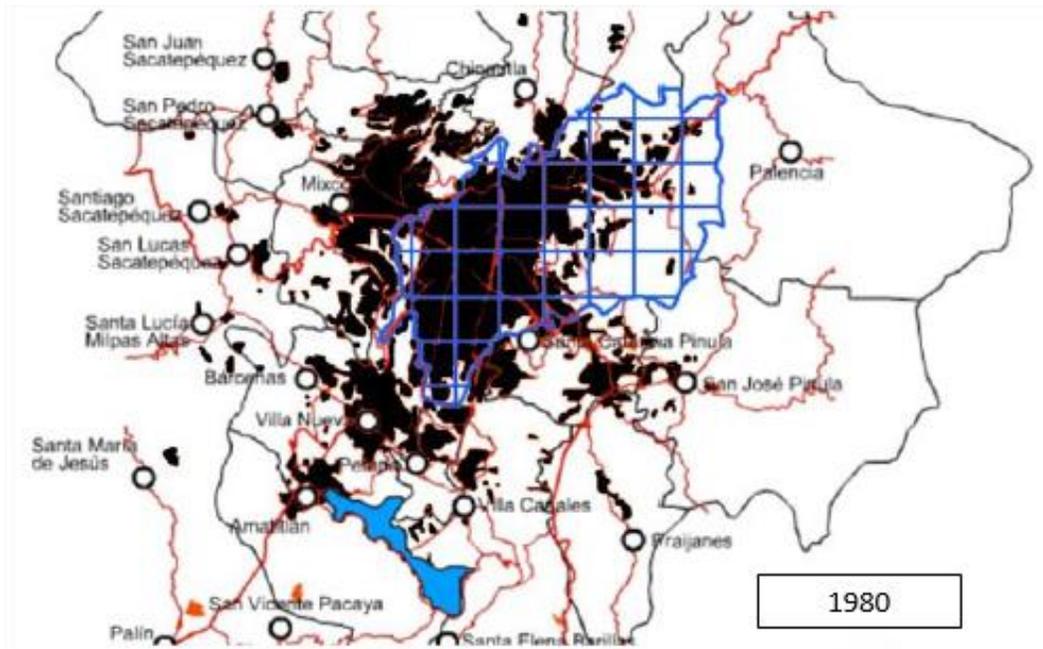
¹/No toda el área de cada municipio forma parte del drenaje natural del Lago de Amatitlán

Se debe tomar en cuenta que en los 14 municipios que forman la cuenca del lago de Amatitlán se concentra el 17.5% de la población total del país y los 7 municipios con influencia directa en el lago representan el 16.3% de la población total. Es importante mencionar que los cálculos anteriores se basan en las proyecciones de crecimiento poblacional elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística.

El crecimiento de la población también puede apreciarse en el comportamiento de la mancha urbana a lo largo de los años, entre 1970 y 2000 y con la proyección de la Dirección de Planificación Urbana de la Municipalidad de Guatemala, para el año 2020.

Figura 4
Comportamiento de la Mancha Urbana
En el área de la Cuenca del Lago de Amatitlán
Del año 1970 al año 2000 y proyección al año 2020





Fuente: Municipalidad de Guatemala.

Adicionalmente, es importante tener presente el crecimiento poblacional observado entre el Censo de Población del año 2002, con relación al realizado en 1994. En el cuadro siguiente se evidencia que el crecimiento intercensal fue de 36.25% en total, sobresalen los municipios de San Miguel Petapa y Villa Nueva, que muestran el mayor crecimiento.

Cuadro 7
Crecimiento poblacional intercensal
en los 14 Municipios que forman parte de la cuenca del Lago de Amatitlán
Censo 1994 - Censo 2002

Departamento	Municipio	Censo 1994	Censo 2002	Crecimiento	Prom. Anual
Guatemala	San Pedro Sacatepéquez	21,009	31,503	49.95%	6.24%
	Mixco	305,297	403,689	32.23%	4.03%
	Guatemala	823,301	942,348	14.46%	1.81%
	Santa Catarina Pinula	38,628	63,767	65.08%	8.13%
	San Miguel Petapa	41,506	101,242	143.92%	17.99%
	Villa Nueva	192,069	355,901	85.30%	10.66%
	Fraijanes	17,166	30,701	78.85%	9.86%
	Villa Canales	62,334	103,814	66.54%	8.32%
	Amatitlán	54,930	82,870	50.86%	6.36%
Sacatepéquez	Santiago Sacatepéquez	15,482	22,038	42.35%	5.29%
	San Bartolomé Milpas Altas	3,146	5,291	68.18%	8.52%
	San Lucas Sacatepéquez	12,656	18,394	45.34%	5.67%
	Santa Lucía Milpas Altas	6,509	10,126	55.57%	6.95%
	Magdalena Milpas Altas	5,974	8,331	39.45%	4.93%
	Total	1,600,007	2,180,015	36.25%	4.53%

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INE, Censo de Población 1994 – 2002

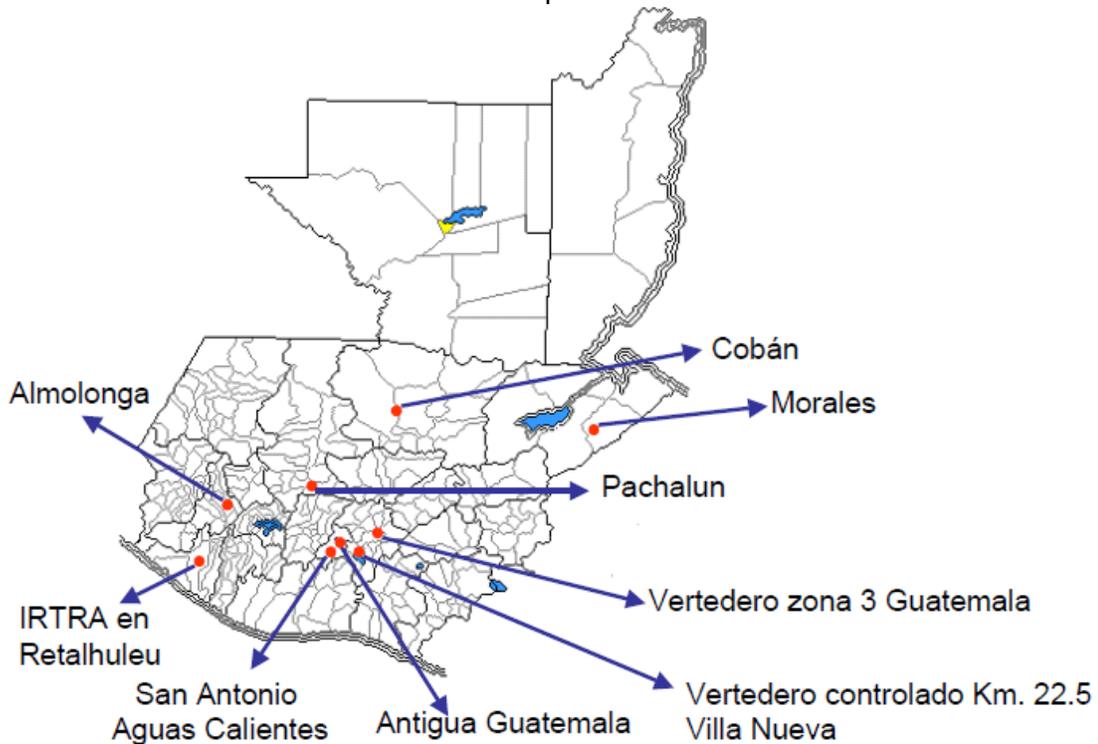
El crecimiento poblacional en el área de la cuenca del Lago de Amatitlán ha ocasionado un desbalance importante debido al incremento en la demanda de servicios: educación, atención en salud, vivienda, seguridad alimentaria, agua potable, seguridad civil, espacios de recreación y otras necesidades básicas, como el manejo de desechos sólidos. (USAID, 2010)

De acuerdo al Informe de la Comisión Nacional para el Manejo de Desechos Sólidos, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, para el año 2014, en Guatemala el promedio de desechos generados por habitante era de medio kilogramo diario; a nivel nacional se generaron diariamente 8,600 toneladas de los cuales aproximadamente el 50% provenían de 12 municipios del Área Metropolitana, entre ellos varios ubicados en la cuenca del lago de Amatitlán.

Los sistemas de recolección y manejo de desechos sólidos son inadecuados, se estima que la cobertura de estos es de tan solo 51%. En 2014, se realizó un estudio en el sector

de la cuenca del Lago, en el que se detectaron al menos 141 botaderos de basura clandestinos, que generan riesgos para la salud, erosión de la tierra, contaminación de los mantos acuíferos, propagación de vectores, y muerte de flora y fauna.

Figura 5
Sistemas de Manejo de Desechos Sólidos
A nivel República



Fuente: Comisión Nacional para el Manejo de Desechos Sólidos, Programa Nacional para el Cambio Climático MARN

La generación de desechos en el área de la cuenca del lago de Amatitlán ha crecido en la misma proporción que ha crecido la población, de acuerdo a datos del Portal Web de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán –AMSA-, en el vertedero controlado de desechos, ubicado en el Km. 22.5 de la Carretera CA-9 Sur, se reciben aproximadamente 422 toneladas diarias de desechos sólidos y no se cuenta con datos acerca de la cantidad de basura que se vierte en los basureros clandestinos. (Portal Web AMSA)

Figura 6
Cuenca del Lago de Amatitlán
Botaderos de desechos sólidos
en distintos puntos del área



Fuente: Fotografías propias

Cálculos recientes del MARN estiman que el 80% del agua de consumo doméstico regresa contaminada a los ríos y lagos, tan solo en el área metropolitana se generan anualmente 140 millones de m³ de aguas residuales, una gran cantidad de zonas residenciales no cuenta con sistemas de drenaje adecuados. (Pocasangre, 2015)

Figura 7
Sistemas de desagüe inadecuados
En distintas áreas residenciales de la Cuenca del Lago de Amatitlán



Fuente: Fotografías propias

Figura 8
Descarga de aguas residuales
Río Platanitos



Fuente: Calidad de agua de la cuenca y Lago de Amatitlán. AMSA, 2015.

3.1.2 Concentración de la actividad industrial y sus efectos contaminantes

Debido al crecimiento de actividades industriales en la zona central del país, el lago de Amatitlán es uno de los cuerpos de agua del país con mayor presión en términos ambientales; el 23% de la industria del país que incluye: textiles, agroquímicas, químicas, galvanoplásticas, metalúrgicas, alimenticias, curtiembres, jabones y cosméticos, yeso y cerámica, entre otras, una buena cantidad de esas industrias se encuentran ubicadas dentro del área de la cuenca del Lago de Amatitlán, principalmente en las zonas 11 y 12 de la ciudad de Guatemala y en el municipio de Villa Nueva. Solamente el 1% de posee sistemas de pretratamiento de aguas residuales. (AMSA, 2015)

En Guatemala no existe una norma que establezca los límites máximos permisibles de cuerpos presentes en el agua natural, la regulación existente está dirigida a las descargas de residuos al medio receptor.

El Acuerdo Gubernativo 236-2006 Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, establece los parámetros permisibles para la descarga de aguas residuales en los cuerpos receptores. Ver cuadro 8.

Cuadro 8
Tabla de límites máximos permisibles
Descargas de aguas residuales a cuerpos receptores
Acuerdo Gubernativo 236-2006

Parámetros	Dimensionales	Valores Iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			02/05/2011	02/05/2015	02/05/2020	02/05/2024
			Etapa			
			I	II	III	IV
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	mg/l	1500	100	50	25	10
Materia flotante	Ausencia/ presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	mg/l	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	mg/l	1400	100	50	25	20
Fósforo total	mg/l	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1x10 ⁸	<1x10 ⁶	<1x10 ⁵	<1x10 ⁴	<1x10 ⁴
Arsénico	mg/l	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	mg/l	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	mg/l	6	3	1	1	1
Cobre	mg/l	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	mg/l	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	mg/l	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	mg/l	6	4	2	2	2
Plomo	mg/l	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	mg/l	10	10	10	10	10
Color	Unid. platino/ cobalto	1500	1300	1000	750	500

Fuente: Artículo 20, Decreto 236-2006. Remarcados los valores vigentes a la fecha del presente estudio de tesis.

A continuación una breve descripción del significado de algunos indicadores señalados en el Cuadro 8, para medir el cumplimiento de la norma en el Lago de Amatitlán:

1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): Es una medida de la cantidad de materia orgánica “fermentable”, u oxidable biológicamente (por medio de bacterias), que se encuentra presente en el agua, por ejemplo: desechos biológicos como las heces fecales. Se mide en función de la cantidad de oxígeno (O₂), que se consume debido a un proceso de fermentación, controlado en el laboratorio a una temperatura de 20° Celsius, en un período de 5 días, que emula la cantidad máxima de oxígeno que en condiciones naturales el agua contaminada puede consumir desde el oxígeno disuelto. A mayor cantidad de oxígeno disuelto consumido, mayor es la cantidad de materia orgánica oxidable bioquímicamente, es decir, este parámetro mide la cantidad de oxígeno necesaria para la degradación bioquímica de los componentes orgánicos presentes en las aguas residuales, por la acción de los microorganismos.

Un cuerpo de agua no contaminado debe presentar valores de DBO₅ –Demanda Bioquímica de Oxígeno– de 2 mg/L o menos; entre los años 2006 y 2007 se realizó un estudio en el lago de Amatitlán, que mostró valores de DBO₅ especialmente altos en el punto de muestreo cercano a la desembocadura del río Villalobos, en el cual los valores alcanzaron 86.60 mg/L y 78.66 mg/L en la época lluviosa, como resultado de la continua descarga de aguas residuales con altos niveles de contaminación orgánica que reciben varios tributarios de este río a su paso por áreas de crecimiento urbano e industrial, provocando el proceso de eutroficación del lago y favoreciendo el crecimiento de las algas por el exceso de nutrientes y materia orgánica. (IARNA, URL, 2009)

2. Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es una medida de la cantidad de materia orgánica “oxidable químicamente”, presente en el agua, por ejemplo: desechos industriales, tales como colorantes, celulosa o pulpa de papel, etc.). Se mide en función de la cantidad de oxígeno (O₂), que consume un proceso de oxidación química forzada, que emula la cantidad máxima de oxígeno, que en condiciones naturales, el agua contaminada puede consumir desde el oxígeno disuelto. A mayor cantidad de oxígeno disuelto consumido, mayor es la cantidad de materia oxidable químicamente.

3. Sólidos Suspendidos: Son sólidos en solución que se precipitan a causa de la acción de la gravedad siempre y cuando la velocidad del fluido en el cual se transportan así lo permita. Para lograr esta acción a nivel industrial es necesario el uso de los

sedimentadores, y a nivel de laboratorio esta prueba se realiza utilizando un cono sedimentador llamado Cono Imhoff, en un tiempo de una hora.

4. **Metales:** entre los metales a analizar están los metales pesados (Plomo, Cromo, Cadmio, Arsénico, Cobre, Níquel, entre los principales). Las concentraciones de estos metales se acumulan en la vida marina y aves, a través de la cadena trófica que al final afecta al hombre.

5. **Potencial de Hidrógeno (pH):** parámetro indicativo del grado de acidez-basicidad del agua, es una medida de la cantidad de iones ácidos (H_3O^+), o iones alcalinos (OH^-) presentes en el agua, así como de la naturaleza de las reacciones “ácido-base” o de “neutralización” entre los iones disueltos. Se mide de acuerdo a una escala logarítmica, que va del 0 al 14 (0 = muy ácido, 14 = muy alcalino), con un punto medio o “neutro” en 7. El agua con buena calidad debe rondar alrededor del valor 7, que indica la ausencia de especies acidificantes o alcalinizantes.

6. **Fósforo total:** Los fosfatos y compuestos de fósforo se encuentran en las aguas naturales en pequeñas concentraciones. Los compuestos de fósforo que se encuentran en las aguas residuales o se vierten directamente a las aguas superficiales provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento; excreciones humanas y animales; detergentes y productos de limpieza.

La concentración de fosfatos en el agua natural es fundamental para evaluar el riesgo de eutroficación; debido a que este elemento suele ser el factor limitante en los ecosistemas para el crecimiento de las plantas; un gran aumento de su concentración puede provocar la eutroficación de las aguas. Los fosfatos están directamente relacionados con la eutroficación de ríos, lagos y embalses. Las concentraciones críticas para una eutroficación incipiente se encuentran entre 0,1 - 0,2 mg/l en el agua corriente y entre 0,005 - 0,01 mg/l en aguas tranquilas (el máximo permisible al año 2015, según el Acuerdo 236-2016 es de 30 mg/l, siendo este requerimiento aún muy alto para mitigar el fenómeno de la eutroficación).

7. **Nitrógeno:** El nitrógeno es uno de los componentes de la materia orgánica que forma parte de las proteínas de las células, es indispensable en el crecimiento de los

organismos fotosintéticos. En la química del agua, los compuestos de nitrógeno, así como el nitrógeno orgánico, juegan un papel importante, ya que son indispensables para el desarrollo de la vida animal y vegetal en agua.

Los compuestos nitrogenados del agua provienen fundamentalmente de los compuestos orgánicos o vegetales y en aguas naturales y sin contaminar, suele ser un elemento poco abundante. La mayor parte del nitrógeno es de origen atmosférico, pero asimilado gracias a las bacterias y a ciertos vegetales, los cuales transforman el nitrógeno molecular y el nitrógeno nítrico en nitrógeno orgánico. El nitrógeno del suelo, ya sea en forma amoniacal o en nítrico o nitratos, así como el que está formando parte de los tejidos animales o vegetales, vuelve a la atmósfera por la acción de las bacterias o por la combustión de los tejidos orgánicos. El nitrógeno nítrico difícilmente se acumula en depósitos en la tierra por su extraordinaria solubilidad.

En el agua natural se pueden encontrar, además del nitrógeno molecular disuelto, los compuestos nitrogenados siguientes: amoníaco, nitritos, nitratos y moléculas orgánicas nitrogenadas, ácidos aminados, urea, hidroxilamina, amidas, derivados de la piridina, etc.

Habitualmente, los nitratos existentes en el agua son consecuencia de una nitrificación del nitrógeno orgánico o proceden de la disolución de los terrenos atravesados por el agua. Como contaminantes debido a actividades humanas provienen de contaminación orgánica o de la contaminación por abonos químicos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) incluye a los nitratos dentro de los componentes del agua que pueden ser nocivos para la salud, son peligrosos en concentraciones superiores a 50 mg/L (cantidad máxima que fija el Acuerdo 236-2016 para el año 2015). El efecto perjudicial de los nitratos se debe a que por acción bacteriana se reducen a nitritos en el estómago, éstos pasan a la sangre y son responsables de la formación de metahemoglobina en la sangre, provocando una disminución de la capacidad de oxigenación.

Los nitritos son compuestos no deseados en la composición del agua potable para consumo humano. Su presencia puede deberse a una oxidación incompleta del amoníaco o a la reducción de nitratos existentes en el agua; la reducción de nitratos a nitritos puede

llevarse a efecto por la acción bacteriana. El agua que contenga nitritos puede considerarse sospechosa de una contaminación reciente por materias fecales.

Algunos cuerpos de agua, como los ríos, debido a los terrenos por donde discurren o a las condiciones de almacenamiento pobre en oxígeno, pueden presentar cierto contenido de nitritos.

Los nitritos existentes en el agua pueden provocar un efecto perjudicial sobre la salud de quien la consume, si se encuentran en una concentración bastante elevada. La enfermedad producida por la ingestión de nitritos se denomina metahemoglobinemia. Es recomendable la ausencia de nitritos en el agua destinada al consumo; y como nivel máximo tolerable hasta 0,1 mg/l, cantidades superiores a ésta hacen suponer que el agua es rica en materia orgánica en vía de oxidación.

El amoníaco, junto con los nitritos y nitratos, es un indicador típico de contaminación del agua; la presencia de amoníaco indica una degradación incompleta de la materia orgánica. El amoníaco, a temperatura ambiente, es un gas incoloro de olor muy penetrante y nauseabundo, se produce de forma natural por la descomposición de materia orgánica, también se fabrica industrialmente. Se disuelve fácilmente en el agua y se evapora rápidamente, es fácilmente biodegradable. Las plantas lo absorben con gran facilidad eliminándolo del ambiente, de hecho es un nutriente muy importante para su desarrollo. (Echarri, 2007)

8. **Coliformes fecales:** son bacterias que se encuentran comúnmente en el suelo, aguas sobre la superficie, en las plantas, en los intestinos de animales y seres humanos. Las bacterias coliformes fecales que la lluvia arrastra, usualmente quedan atrapadas en las rocas, y a medida que el agua pasa por estas, eventualmente llega a los sistemas de agua subterránea; sin embargo, también suele suceder que estas bacterias contaminen el agua por medio de pozos mal contruidos, mal sellados o con rajaduras. (División de Salud Pública de Carolina del Norte, 2009)

9. **Temperatura del Cuerpo Receptor (TCR):** Temperatura del cuerpo receptor, medido en grados Celsius.

10. **Oxígeno Disuelto:** Es una medida de la calidad del agua, de la ausencia o presencia de materia orgánica oxígeno-demandante, y de su capacidad para el mantenimiento de las poblaciones de componentes bióticos (fitoplancton, zooplancton, algas, peces, etc.) (AMSA, 2015)

Para el lago de Amatitlán y su cuenca se han realizado algunos estudios que permiten visualizar el grado de contaminación que ha existido de ese cuerpo de agua receptor.

Por ejemplo, en el cuadro 9 se muestran los resultados de la investigación realizada por el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) de la Universidad Rafael Landívar, con datos del INE, indicando que para la época lluviosa de los años 2006 y 2007 en el indicador de Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO₅, en la desembocadura del Río Villalobos (al entrar al lago de Amatitlán), era de 86.6 y 78.6 mg/l, cuando en extremo este no debiera superar 10 mg/l, y en el ideal, estar por debajo de 2 mg/l.

Cuadro 9
Concentraciones y Cargas Contaminantes
Lago de Amatitlán (época lluviosa 2006 - 2007)

Lugar del muestreo	Demanda Química de Oxígeno -DQO- mg/l		Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO ₅ - mg/l		Fósforo Total - PT- mg/l		Nitrógeno Total - NT - mg/l	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Lado este	28.47	28.00	11.82	5.33	1.37	0.36	3.05	2.00
Lado oeste	42.91	40.00	10.00	9.00	0.38	0.20	2.62	3.02
Desembocadura Río Villalobos	98.93	78.83	86.60	78.66	2.95	0.50	7.83	3.37
Bahía Playa de Oro	12.36	31.68	5.83	7.35	0.44	0.15	3.40	2.08
Río Michatoya	33.12	50.58	11.30	10.12	1.11	0.37	2.82	3.41

Fuente: Elaboración propia con base en Perfil Ambiental de Guatemala 2008 - 2009, con datos del INE

Por otro lado, entre los años 2007 y 2009, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en conjunto con la Agencia Internacional de Cooperación Japonesa (JICA por sus siglas en inglés), realizó un estudio a 400 industrias pertenecientes a siete municipios del departamento de Guatemala que pertenecen a la cuenca del lago de Amatitlán (ver Cuadro 10), con el objetivo de evaluar el cumplimiento del Acuerdo 236-2006 Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales y Disposición de Lodos.

Cuadro 10
Municipios involucrados en el estudio
MARN/JICA 2007/2009

Municipios	Total de industrias	%
Amatitlán	11	2.8%
Guatemala	233	58.3%
Mixco	65	16.3%
San Miguel Petapa	12	3.0%
Santa Catarina Pinula	4	1.0%
Villa Canales	6	1.5%
Villa Nueva	69	17.3%
Total	400	100.0%

Fuente: Elaboración propia con base a La Cuenca y el Lago de Amatitlán, AMSA 2010

Los principales sectores industriales que fueron monitoreados en este estudio se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11
Principales sectores industriales monitoreados
MARN/JICA 2007/2009

Tipo de actividad	Total	%
Elaboración de productos alimenticios y bebidas	100	25.0%
Fabricación de productos textiles	21	5.3%
Fabricación de sustancias y productos químicos	64	16.0%
Fabricación de productos de caucho y plástico	19	4.8%
Hoteles y restaurantes	36	9.0%
Servicios sociales y de salud	18	4.5%
Total	258	64.6%

Fuente: Elaboración propia con base a La Cuenca y el Lago de Amatitlán, AMSA 2010

Los resultados obtenidos fueron desalentadores, puesto que se determinó que una gran cantidad de empresas industriales incumplen con los límites máximos permitidos en mayor o menor medida en varios de los parámetros establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, tal como puede apreciarse en el Cuadro 12.

Cuadro 12
Valores de cumplimiento de límites máximos permitidos
Parámetros Generales para el año 2011
Según Acuerdo Gubernativo 236-2006
MARN/JICA 2007/2009

Total de Industrias	pH 6 – 9 unidades	Sólidos susp. 600 - 3500 mg/l	Aceites y grasas 100 - 1500 mg/l	Coliformes fecales NPM 1x10 ⁶
Monitoreadas	399	396	315	217
Cumplen con parámetros	313	354	155	46
%	78.4%	89.4%	49.2%	21.2%

Fuente: Elaboración propia con base a La Cuenca y el Lago de Amatitlán, AMSA 2010

Entre los parámetros en los que se obtuvo mejores resultados se encuentran el Nitrógeno y Fósforo Total, con más del 97% de cumplimiento de los límites máximos establecidos. (Ver Cuadro 13)

Cuadro 13
Valores de cumplimiento de límites máximos permitidos
Parámetros Generales para el año 2011
Nitrógeno y Fósforo Total
Según Acuerdo Gubernativo 236-2006
MARN/JICA 2007/2009

Total de Industrias	Nitrógeno Total 100 - 1400 mg/l	Fósforo Total 75 - 700 mg/l
Monitoreadas	373	369
Cumplen con parámetros	363	361
%	97.3%	97.8%

Fuente: Elaboración propia con base a La Cuenca y el Lago de Amatitlán, AMSA 2010

En agosto de 2015 AMSA, por medio de la División de Control, Calidad Ambiental y Manejo de Lagos, realizó un nuevo monitoreo, de acuerdo con los resultados obtenidos, el río Frutal recibe descargas provenientes del 80% de las empresas industriales ubicadas en la zona 12 de la ciudad capital, el resto de los ríos del área de la cuenca reciben descargas de aguas residuales domiciliarias, provenientes de los distintos sistemas habitacionales ubicados dentro de la cuenca. La información se consigna en el Cuadro 14.

Cuadro 14
Resultados de Parámetros Físico-Químicos
Ríos monitoreados Cuenca del Lago de Amatitlán
Agosto 2015

Río	Caudal	pH	Temp.	Cond.	Sali.	TDS	O ₂		Materia flotante
	m ³ /s	Unidades	°C	µS/cm	‰	mg/L	mg/L	%	Pres/Aus
Pansalic	0.2232	7.83	23.7	843	0.2	422	2.83	39.7	Presente
Platanitos	0.2155	7.26	26.4	946	0.2	473	0.58	7.6	Presente
Villalobos	1.8693	7.31	27.3	901	0.2	452	0.61	9.4	Presente
Pampumay	0.0248	7.70	26.2	183.7	0	92	6.50	90.1	Presente
Frutal	0.4467	7.65	30.5	916	0.2	458	1.02	27	Presente
Pinula	0.3825	7.74	27.9	941	0.2	470	0.50	8.07	Presente
San Lucas	0.436	8.24	28.7	1008	0.3	504	4.30	64.0	Presente

Fuente: Calidad del Agua de la Cuenca y Lago de Amatitlán. División de Control, Calidad Ambiental y Manejo de Lagos. AMSA 2015

El Cuadro 14 muestra que el nivel del oxígeno disuelto detectado indica que los ríos Pansalic, Pampumay y San Lucas, están dentro de un rango aceptable para este parámetro, ya que por debajo de 1 mg/L el sistema puede presentar anoxia, es decir, falta casi total de oxígeno. Es importante mencionar que la lectura de oxígeno del río San Lucas puede deberse a la morfología de su tramo, debido a que posee un trayecto bastante enrocado, lo que permite la incorporación de oxígeno al sistema.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el monitoreo realizado, todos los ríos se encuentran dentro de un rango aceptable de pH, el parámetro es de 6.5 – 9 unidades, dependiendo de la morfología y origen del cuerpo de agua.

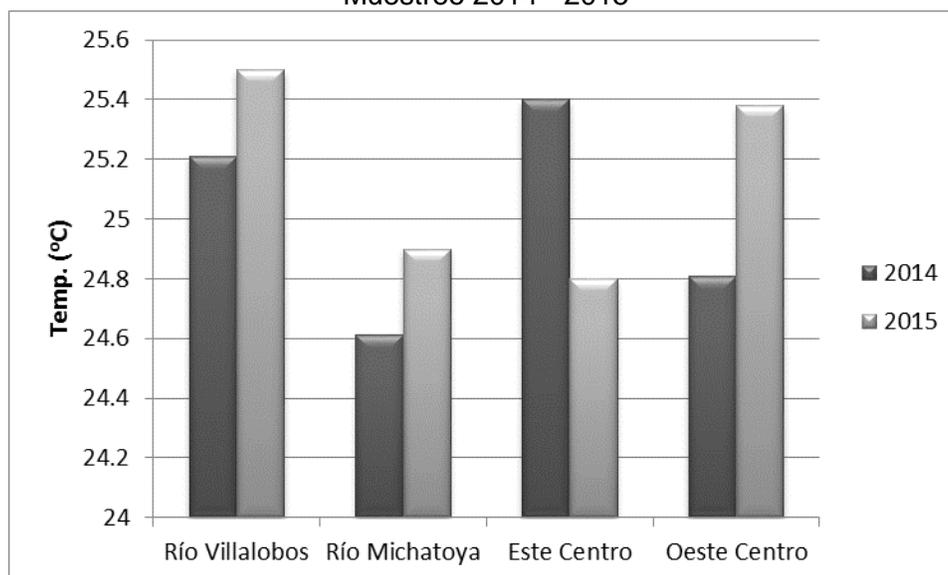
La mayoría de estos ríos contienen sustancias orgánicas e inorgánicas (TDS o Sólidos Totales Disueltos), este parámetro hace referencia a toda la materia disuelta dentro del cuerpo de agua. Las lecturas reflejan que el río Pampumay es el único que muestra valores por debajo de los 100 mg/L, siendo el que contiene las aguas con mejor calidad de los ríos monitoreados.

Las temperaturas reportadas demuestran que se encuentran dentro del rango establecido para esta zona de vida. (Zona de Vida de Holdrige). (AMSA, 2015)

El lago de Amatitlán se mantuvo en el rango promedio entre los 25.2 – 25.4 grados celsius en el año 2014 y entre 25.4 – 26.1 en 2015, observándose un incremento en la temperatura promedio, según mediciones realizadas por AMSA. (Ver Gráfico 5)

En 2014 el mínimo se registró en el punto de muestreo de la desembocadura del Río Villalobos, y el máximo en el Centro Este. En 2015 el mínimo se registró en el punto de muestro del Centro Este y el máximo en la desembocadura del Río Villalobos. (AMSA, 2015)

Gráfico 5
Temperatura promedio del Lago de Amatitlán
Muestreo 2014 - 2015

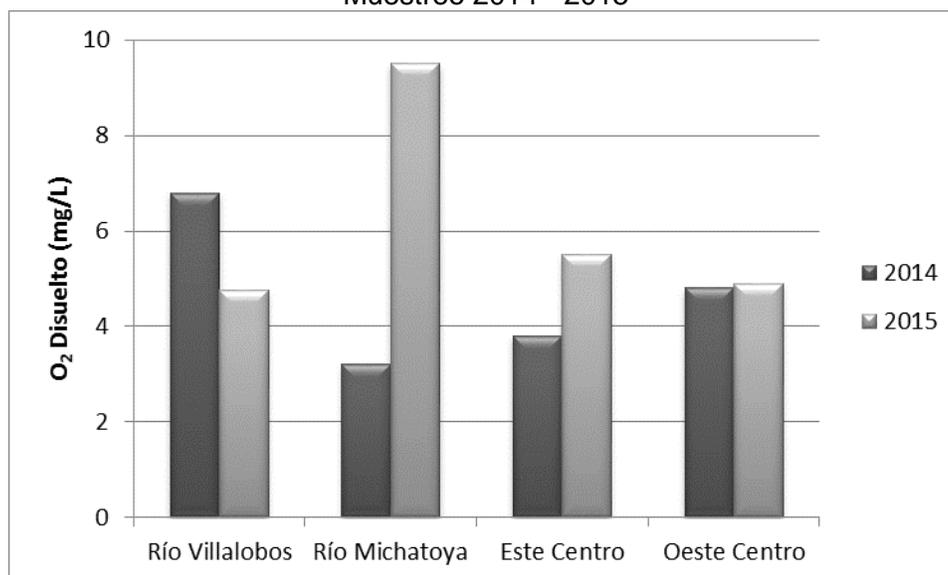


Fuente: Elaboración propia, con datos de Calidad de agua de la cuenca y Lago de Amatitlán. AMSA, 2015.

Respecto al oxígeno disuelto en el punto de muestreo en la desembocadura del Río Villalobos, presentó niveles mínimos, en 2014 1.9 mg/L, y 2.1 mg/L en 2015, esto debido a la alta carga de materia orgánica contaminante que arrastra este río (ver Gráfico 6), la cual consume el oxígeno disuelto disponible, reduciéndolo al mínimo y reduciendo la calidad del agua. Al entrar al sistema lacustre, el agua se mezcla y oxigena hasta el grado de saturación por la presencia de altos niveles de fitoplancton y microalgas, ocasionando el crecimiento de estas últimas, las cuales crecen a nivel de la superficie, donde las condiciones de luz solar, temperatura y disponibilidad de nutrientes son propicios para su hiperdesarrollo.

En estas condiciones el agua se torna de color verde, por la presencia excesiva de algas, sin embargo, en las áreas de mayor profundidad, el agua permanece desoxigenada. Los máximos de oxígeno disuelto que se registraron corresponden al punto de muestreo en el inicio del Río Michatoya, en donde la proliferación de microalgas es mayor, con promedios de 8.1 mg/L en 2014 y 13.5 mg/L en 2015, tal como se aprecia en el Gráfico 6. (AMSA, 2015)

Gráfico 6
Niveles promedio de Oxígeno Disuelto en el Lago de Amatitlán
Muestreo 2014 - 2015

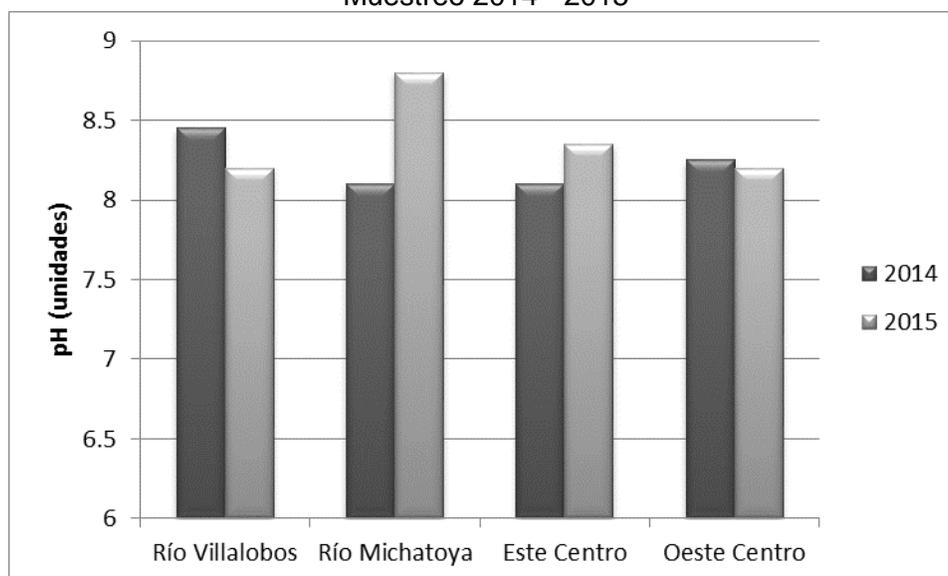


Fuente: Elaboración propia, con datos de Calidad de agua de la cuenca y Lago de Amatitlán. AMSA, 2015.

En el muestreo realizado se registraron valores mínimos promedio de potencial de hidrógeno de 7.9 en 2014 y 7.7 en 2015, en el punto de muestreo de la desembocadura del Río Villalobos. Los máximos reportados corresponden a las muestras del Centro Este, con un valor de 9.1, lo que corresponde a la menor movilidad en los flujos acuáticos que se observan en el lado oeste del lago, en donde existe un mayor estancamiento del agua, lo que favorece la descomposición anaeróbica de la materia orgánica y el empantanamiento del agua.

La condición alcalina del agua también se ve afectada por la actividad geológica producida por fumarolas subacuáticas asociadas a la cercanía del Volcán de Pacaya.

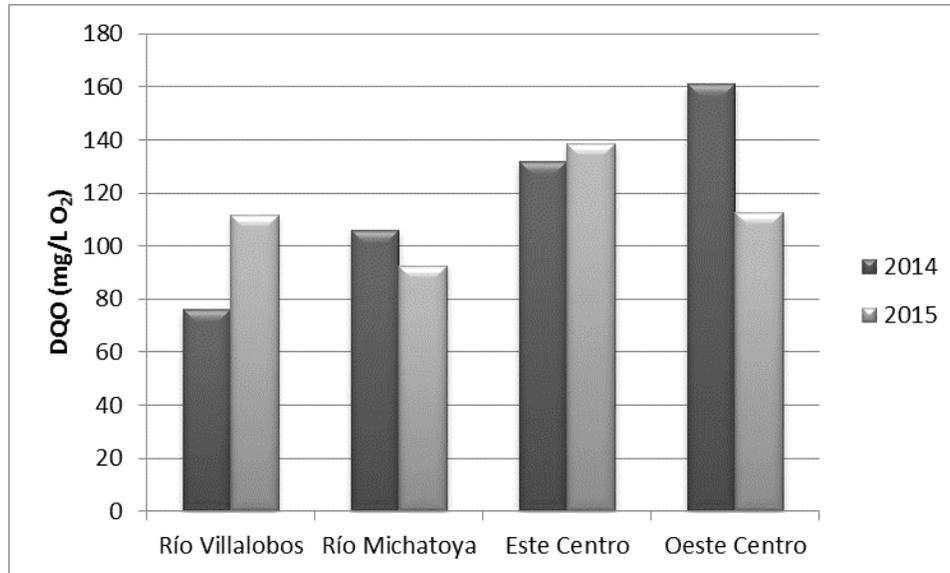
Gráfico 7
Niveles promedio de Potencial de Hidrógeno (pH)
en el Lago de Amatitlán
Muestreo 2014 - 2015



Fuente: Elaboración propia, con datos de Calidad de agua de la cuenca y Lago de Amatitlán. AMSA, 2015.

Con respecto a Demanda Química de Oxígeno (DQO), en 2014 se registró un nivel mínimo de 75 mg/L de O_2 en el punto de muestreo de la desembocadura del Río Villalobos y un máximo de 160 mg/L de O_2 en el punto de muestreo del Centro Oeste. En 2015 el mínimo se midió en el punto de muestreo del Río Michatoya, siendo de 90 mg/L de O_2 , y el máximo en el punto del Este Centro, siendo de 135 mg/L de O_2 (ver Gráfico 8). Este parámetro está relacionado con la demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO_5), teniendo normalmente una relación de 2:1 para aguas servidas domésticas, lo que significa que el valor de DQO es aproximadamente el doble que el de DBO_5 para aguas de desecho domiciliar.

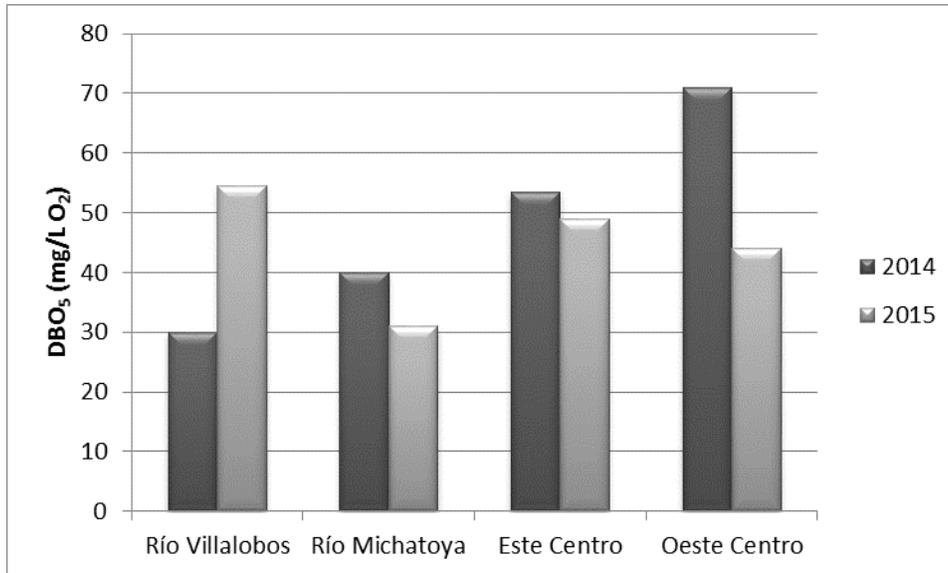
Gráfico 8
 Promedio Demanda Química de Oxígeno
 Lago de Amatitlán
 Muestreo 2014 - 2015



Fuente: Elaboración propia, con datos de Calidad de agua de la cuenca y Lago de Amatitlán. AMSA, 2015.

El valor mínimo registrado en 2014 de Demanda Bioquímica de Oxígeno fue de 29 mg/L de O₂ en el punto muestreo del Río Villalobos y un máximo de 72 mg/L de O₂ en el punto muestreo del Centro Oeste. En 2015 el mínimo se registró en el punto del Río Michatoya, 32 mg/L de O₂, y el máximo en el punto del Río Villalobos, siendo de 54 mg/L de O₂. Al disminuir el caudal de los ríos por efecto de la sequía, aumentan las concentraciones de los contaminantes, lo que provoca que los datos para el Río Villalobos aparezcan mayores. Sin embargo la disminución de las cifras para el punto del Centro Oeste indica que la carga contaminante disminuyó desde el año anterior (ver Gráfico 9).

Gráfico 9
 Promedio Demanda Bioquímica de Oxígeno
 Lago de Amatitlán
 Muestreo 2014 - 2015



Fuente: Elaboración propia, con datos de Calidad de agua de la cuenca y Lago de Amatitlán. AMSA, 2015.

De acuerdo a AMSA, en su informe sobre la calidad del agua de la Cuenca y del Lago de Amatitlán de Agosto 2015, el 95% de las aguas de los sectores industrial, doméstico y agrícola, es vertido al sistema hidrográfico de la cuenca del lago, sin ningún tratamiento, degradando la calidad ambiental del agua de los ríos y del lago.

Es importante mencionar que las fechas máximas establecidas para dar cumplimiento en la reducción de parámetros de calidad del agua, según el Acuerdo Gubernativo 236-2016 han sido modificadas en dos ocasiones, por medio de los Acuerdos 129-2015 y 110-2016, debido a que las distintas autoridades municipales del país han argumentado que tienen diferentes obligaciones que hacer efectivas, y se han manifestado en cuanto a la imposibilidad de cumplir con los plazos para la habilitación de plantas de tratamiento y el monitoreo de los parámetros establecidos para la descarga y reuso de aguas residuales, en virtud de la ausencia de recursos financieros.

La fecha máxima para cumplimiento de la 1ª. Etapa, según el Acuerdo Gubernativo 236-2016 era el 02 de mayo de 2011, posteriormente, con el Acuerdo Gubernativo 129-2015 se amplió el plazo hasta el 02 de mayo de 2017, y el Acuerdo Gubernativo 110-2016 amplió nuevamente el plazo, hasta el 06 de mayo de 2019, lo cual refleja la escasa

prioridad que le conceden las autoridades municipales y nacionales a la calidad del agua, sea para el Lago de Amatitlán o para otros medios receptores de aguas residuales en el país.

3.1.3 Concentración de la actividad agrícola

Guatemala se caracteriza por ser un país eminentemente agrícola, se calcula que la agricultura familiar campesina produce alrededor del 70% de los alimentos que consume la población, esta actividad proporciona ocupación al 38% de la PEA (1.9 millones de personas), casi 1.3 millones de familias rurales dependen de la actividad agropecuaria, 890,000 hectáreas se utilizan en cultivos anuales, principalmente maíz, frijol y arroz, aproximadamente 5 millones de personas se benefician directamente de esta actividad, contribuye con un 14% a la conformación del PIB nacional, representa la inversión más importante del país, dinamiza el comercio local, regional e internacional y si se practica de forma sustentable favorece al ambiente. (Caballeros, 2014)

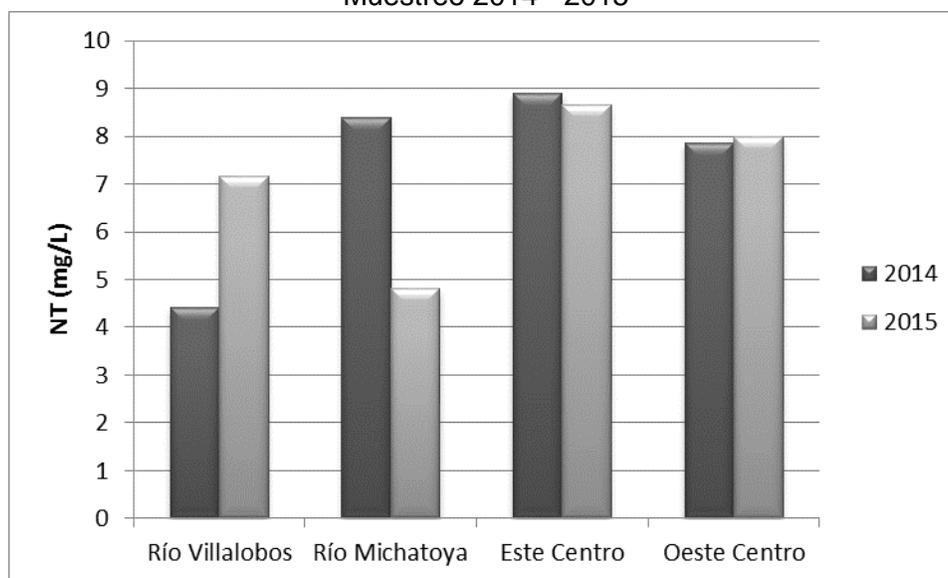
La contaminación del agua por fertilizantes se produce cuando éstos se utilizan en una cantidad mayor de la que pueden absorber los cultivos, o cuando son arrastrados de la superficie del suelo por la acción del agua o del viento, antes de que puedan ser absorbidos. Los excesos de nitrógeno y fosfatos pueden filtrarse hasta las aguas subterráneas o ser arrastrados a ríos y lagos, ocasionando la eutroficación de lagos, embalses y estanques por el exceso de nutrientes, lo que da lugar a una explosión de algas que impiden la supervivencia de otras plantas y de animales acuáticos.

El nitrógeno junto al ortofosfato, son los principales nutrientes causantes de contaminación en la cuenca del lago de Amatitlán, sin embargo, estos proceden principalmente de detergentes fosfatados y de desechos biológicos de las aguas servidas (heces fecales y orina), la escorrentía de fertilizantes agroquímicos tiene poca influencia en el proceso de contaminación. El nitrógeno es un elemento importante en las aguas residuales ya que es necesario para el crecimiento de los microorganismos, si el agua residual no contiene suficiente nitrógeno pueden ocurrir problemas por deficiencia de nutrientes durante el tratamiento secundario. Pero también el nitrógeno es un contribuyente especial para el agotamiento del oxígeno y la eutroficación de las aguas cuando se encuentra en elevadas concentraciones. (AMSA, 2015)

El nitrógeno se encuentra presente en las aguas residuales en 4 formas básicas: nitrógeno orgánico, amonio, nitritos y nitratos. Si las aguas residuales son frescas, el nitrógeno se encuentra en forma de urea y compuestos proteínicos, posteriormente por la descomposición bacteriana pasa a forma amoniacal, y a medida que el agua se estabiliza, por la oxidación bacteriana en medio aerobio, se generan nitritos y posteriormente nitratos. El predominio de la forma de nitrato en un agua residual es un fiel indicador de que el residuo se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno. El nitrógeno total es la suma del nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato.

En el monitoreo realizado por AMSA en 2014 el nitrógeno total presentó 4.3 mg/L como valor mínimo, en el punto de muestreo de la desembocadura del Río Villalobos y 4.8 mg/L en 2015, en el punto de muestreo del Río Michatoya. Los máximos registrados corresponden a 8.9 mg/L en el punto Centro Este en 2014 y a 8.6 mg/L en 2015 en el mismo punto, la contaminación con especies de nitrógeno y fósforo es más evidente en el lado Este del lago, el cual presenta menos movilidad de las aguas y mayor estancamiento.

Gráfico 10
Promedio de Nitrógeno Total
Lago de Amatitlán
Muestreo 2014 - 2015

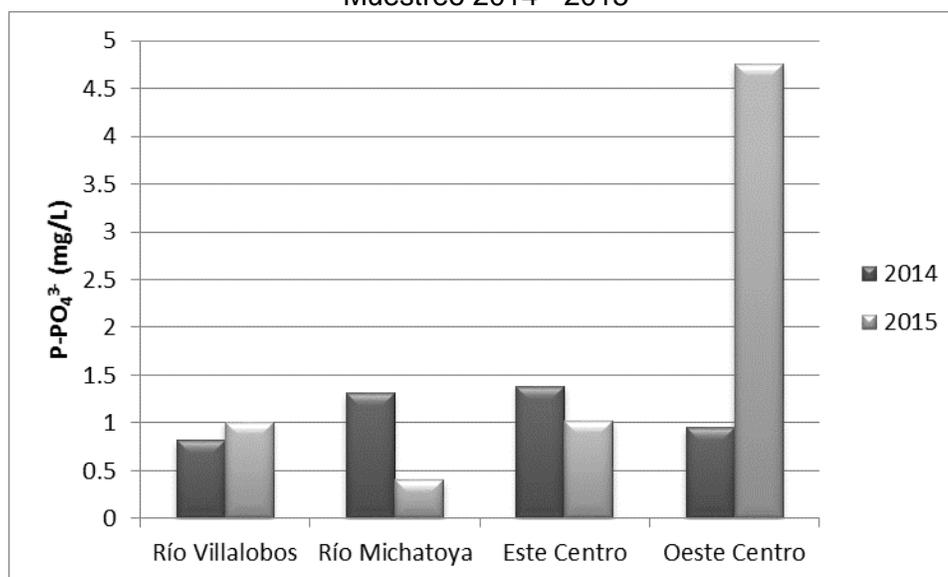


Fuente: Elaboración propia, con datos de Calidad de agua de la cuenca y Lago de Amatitlán. AMSA, 2015.

Otro componente del agua residual importante para los microorganismos es el fósforo. El fósforo, al igual que el nitrógeno, es esencial para el crecimiento biológico. El fósforo se encuentra en el agua residual en 3 formas: ortofosfatos solubles, polifosfatos inorgánicos y fosfatos orgánicos. El ortofosfato es la forma que los microorganismos asimilan más fácilmente asimilable y se utiliza como un parámetro de control en los procesos biológicos de eliminación de fósforo.

El ortofosfato presentó mínimos de 0.6 mg/L en 2014, en el punto de la desembocadura del Río Villalobos y 0.3 mg/L en 2015, en el punto de muestreo del Río Michatoya. Los máximos medidos corresponden a 1.3 mg/L en el punto de muestreo del Centro Este en 2014 y a 4.7 mg/L en 2015 el punto Centro Oeste, estas cifras también se consideran altísimas y corresponden a un grado de hiper-eutroficación de las aguas del lago; el ortofosfato es el nutriente que estimula la proliferación de algas, por lo que la severidad de estas proliferaciones se relaciona con los desmesurados niveles de ortofosfato presentes actualmente. (AMSA, 2015)

Gráfico 11
Promedio de Ortofosfatos en el Lago de Amatitlán
Muestreo 2014 - 2015



Fuente: Elaboración propia, con datos de Calidad de agua de la cuenca y Lago de Amatitlán. AMSA, 2015.

De acuerdo con estudios realizados por AMSA, los principales efectos ocasionados por la agricultura en el área de la cuenca del Lago de Amatitlán, son: degradación del suelo, agotamiento de nutrientes y agotamiento de aguas subterráneas por medio de los sistemas de riego. (AMSA, 2015)

Cuadro 15
Superficie destinada a cultivos (Km²)
en el área de influencia de la Cuenca del Lago de Amatitlán

Departamento	Municipio	Cultivos anuales o temporales	Cultivos permanentes y semi-permanentes	Pastos mejorados	Superficie Total
Guatemala	San Pedro Sac.	0.36	0.02	0.01	0.39
	Mixco	0.10	0.06	0.03	0.19
	Guatemala	1.86	0.65	1.10	3.61
	Sta. Catarina Pinula	0.28	0.09	0.14	0.50
	San Miguel Petapa	0.19	0.02	0.01	0.22
	Villa Nueva	1.63	0.39	2.01	4.02
	Fraijanes	0.05	0.33	0.10	0.48
	Villa Canales	5.11	11.78	3.70	20.59
	Amatitlán	2.99	2.09	0.68	5.75
Sacatepéquez	Santiago Sac.	0.92	0.13	0.04	1.10
	Sn. Bartolomé M. A.	0.13	0.08	0.53	0.74
	San Lucas Sac.	1.08	0.14	0.04	1.27
	Santa Lucía M. A.	0.76	0.07	0.03	0.86
	Magdalena M. A.	0.84	0.09	0.01	0.93
Total		16.29	15.95	8.41	40.66

Fuente: Elaboración propia, con base en datos del INE, Censo Agropecuario 2003 y AMSA, La Cuenca y el Lago de Amatitlán, 2010.

Con base a datos del Censo Agropecuario del año 2003, se elaboró el cuadro 15, tomando en consideración el porcentaje de área que se encuentra dentro de la cuenca del Lago de Amatitlán que corresponde a cada municipio; de acuerdo con el cálculo realizado, en el área de la cuenca se destinan a la producción agrícola 40.66 Km², aproximadamente 15.95 Km² del total del área se dedican a cultivos permanentes o semipermanentes y 16.29 Km² a cultivos anuales o temporales, destacando los cultivos de café, banano, aguacate, caña de azúcar, frijol, plátano y pacaya.

La actividad agrícola se concentra principalmente en los municipios de Villa Canales y Amatitlán. El área agrícola es relativamente pequeña, y de acuerdo a los cálculos más recientes realizados por AMSA el 56% de la contaminación del lago proviene de áreas urbanas, 32% de la actividad industrial y solamente el 12% de la actividad agrícola, por lo que la incidencia de la agricultura sobre el proceso de contaminación se considera difuso y su control parece no ser fácil de realizar.

3.1.4 Recursos económicos para la preservación sostenible del Lago de Amatitlán

AMSA es la institución encargada directa de la ejecución del Plan Maestro para el Manejo Integrado de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (PLANDEAMAT), cuya primera versión fue creada en el año 2000, fue actualizado en 2003 y el 22 de octubre de 2015 fue presentada a las autoridades del Gobierno Central y a las municipalidades la versión reactualizada, juntamente con su Mecanismo de Coordinación Interinstitucional, en esta ocasión el objetivo es darle legitimidad como Acuerdo Gubernativo, el documento será presentado por el Ministerio de Ambiente ante el Consejo de Ministros para su oficialización. Este documento contiene directrices orientadas a la integración, regulación y ordenamiento de planes, programas y proyectos que en su conjunto fueron diseñados para contribuir con la generación de una solución integral al problema de contaminación de la Cuenca y del Lago de Amatitlán; y establecer normas para regular el aprovechamiento de los recursos naturales en función de la protección del recurso hídrico.

El PLANDEAMAT es un instrumento dinámico que proporciona fundamento a la política del Gobierno de la República en lo referente a la administración de los recursos naturales en la Cuenca del Lago de Amatitlán a través de AMSA, sus bases filosóficas, técnicas y jurídicas convergen para recuperar, proteger, conservar y mejorar las condiciones de vida de sus habitantes por medio de 58 proyectos, que fueron planteados por cinco expertos en temas ambientales y que deben ser ejecutadas por las catorce municipalidades que integran la cuenca, el Gobierno Central e instituciones públicas y privadas, la meta está enfocada para el año 2030. Ver Anexo 1 (Pocasangre, 2015)

Las acciones a tomar incluyen la creación de planes municipales de ordenamiento territorial, programas de gestión de riesgo, zonificación ambiental, uso de tecnología, creación de reservas naturales y parques, con un costo total de US\$315.9 millones, lo que equivale a más de Q. 2,337 millones, para ejecutar todos los programas (tipo de cambio 7.40). Ver resumen en cuadro 16.

Cuadro 16
Resumen de Costos de Ejecución PLANDEAMAT 2015
Por plazo de ejecución de proyectos

Plazo en años	Costo US\$	Costo Acumulado US\$	Costo Acumulado Q Tipo Cambio 7.40
1	\$ 5,925,000.00	\$ 5,925,000.00	Q 43,845,000.00
2	\$ 9,416,595.17	\$ 15,341,595.17	Q 113,527,804.26
3	\$ 4,791,375.20	\$ 20,132,970.37	Q 148,983,980.74
4	\$ 581,992.59	\$ 20,714,962.96	Q 153,290,725.90
5	\$ 57,170,265.67	\$ 77,885,228.63	Q 576,350,691.86
6	\$ 1,493,966.67	\$ 79,379,195.30	Q 587,406,045.22
10	\$ 41,142,937.50	\$ 120,522,132.80	Q 891,863,782.72
12	\$ 28,875,000.00	\$ 149,397,132.80	Q 1,105,538,782.72
15	\$ 166,508,485.15	\$ 315,905,617.95	Q 2,337,701,572.83

Fuente: elaboración propia con datos de AMSA.

Datos del Ministerio de Finanzas Públicas respecto a la asignación presupuestal para AMSA, muestran que durante el período 2004 – 2014 se ejecutaron Q.480.6 millones, una cifra muy por debajo del monto necesario para llevar a cabo todos los proyectos del PLANDEAMAT.

Del total de presupuesto ejecutado por AMSA, el 32.2% fue destinado a cubrir costos de funcionamiento y el 67.8% para ejecutar obras y programas. Es muy importante hacer notar que en los años 2013 y 2014 prácticamente todo el presupuesto fue destinado a cubrir costos de funcionamiento. Ver cuadro 17.

Cuadro 17
Ejecución Presupuestal 2004 – 2014
Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA)
(Cifras en millones de quetzales)

Año	Funcionamiento	%	Inversión	%	Total
2004	5.10	40.5%	7.50	59.5%	12.60
2005	5.60	13.3%	36.40	86.7%	42.00
2006	5.10	12.3%	36.50	87.7%	41.60
2007	5.60	12.3%	39.80	87.7%	45.40
2008	4.50	13.2%	29.50	86.8%	34.00
2009	4.90	15.3%	27.20	84.7%	32.10
2010	4.90	11.3%	38.30	88.7%	43.20
2011	8.90	11.7%	67.00	88.3%	75.90
2012	6.14	15.0%	34.69	85.0%	40.83
2013	40.10	98.3%	0.70	1.7%	40.80
2014	64.10	88.8%	8.10	11.2%	72.20
Total	154.94	32.2%	325.69	67.8%	480.63

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Contabilidad Integrada del Ministerio de Finanzas Públicas.

Parte del presupuesto asignado a AMSA fue financiado por medio de la adquisición en mayo de 2007 del Préstamo 1651/OC-GU, por un monto de US\$ 24 millones, otorgado a un plazo de 25 años, por el Banco Interamericano de Desarrollo para apoyar la ejecución del Programa de Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Amatitlán, lo que evidencia la falta de recursos locales que se destinan a la preservación del Lago. (AMSA, 2010)

3.1.5 Débil capacidad de instituciones relacionadas con la preservación del Lago de Amatitlán

El proceso de contaminación y deterioro progresivo del Lago de Amatitlán es un problema que se ha observado desde hace décadas y a lo largo del tiempo han sido varias las instituciones y entidades que se han involucrado en mayor o menor medida en actividades relacionadas con su preservación. En febrero de 1967 fue suscrito un convenio entre el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y la Universidad de San Carlos de Guatemala (Facultades de Agronomía e Ingeniería y la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos), con el objetivo de integrar esfuerzos y coordinar la ejecución de actividades para la gestión de los recursos hídricos de Guatemala.

Posteriormente se formaron varias comisiones de trabajo para tratar de evaluar y proponer acciones tendientes a la recuperación del Lago de Amatitlán, entre estas, sobresale la Comisión Multidisciplinaria e Interinstitucional para la Recuperación del Lago de Amatitlán, que fue formada en 1981, que propuso algunos proyectos para mejorar las condiciones del lago, sin embargo el problema continuó. (AMSA, 2010)

El **Comité del Lago de Amatitlán**, fue formado en 1985, ejerció cierta presión sobre las instituciones estatales que tienen competencia en el trabajo de saneamiento de la cuenca del Lago de Amatitlán, pero los resultados en la solución de algunos problemas puntuales son muy pocos. Este Comité, por medio del trabajo voluntario de sus miembros logró que cierto porcentaje de la población tuviera conocimiento acerca del problema, por medio de campañas de divulgación y concientización, haciendo un llamado a la atención pública sobre la existencia del problema, sin embargo, el poco involucramiento de distintos sectores de la población ha continuado.

La Organización de los Estados Americanos -OEA- financió trabajos de investigación sobre la limnología del Lago de Amatitlán en 1985, por medio de la División de Análisis Aplicado de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-. El Organismo Internacional de Energía Atómica -OIEA- también financió un trabajo de investigación acerca de la "Composición elemental de los sedimentos del Lago" en 1986, realizado a través de la División de Energía Nuclear del Ministerio de Energía y Minas.

El principal objetivo de ambos proyectos fue colaborar en la búsqueda de soluciones al problema de contaminación, investigando las características del lago y a la vez promover la formación de recurso humano. Los resultados de estas investigaciones únicamente comprobaron la existencia de un proceso acelerado de degradación y el alto nivel de contaminación del lago.

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza -CATIE- ha brindado asistencia técnica a diferentes instituciones nacionales desde 1986, específicamente coordinó la publicación del documento "Estudios Recientes sobre la Contaminación del Lago de Amatitlán" en Junio de 1987; el documento contiene 9 estudios realizados acerca

de diversos aspectos del lago y de la cuenca, que reafirman la degradación y contaminación del Lago de Amatitlán.

El Gobierno de México por conducto de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, cooperó con un estudio sobre el Lago de Amatitlán, en junio de 1987, fue emitido un comunicado conjunto para la atención de la problemática del lago, incluyendo un programa de ayuda financiera e intercambio de experiencias y tecnología. Los aspectos que fueron identificados para resolver la problemática del lago son:

- Alcantarillados sanitarios y sistemas de tratamiento de aguas residuales en la cuenca del lago;
- Rehabilitación de las plantas de tratamiento de aguas residuales;
- Recuperación de manantiales en la micro cuenca del Río Pinula, por el asolvamiento de los mismos;
- Mejorar la transferencia de agua del lado Oeste al lado Este del lago;
- Cosecha de lirios acuáticos;
- Planificación del uso de la tierra en la cuenca; y,
- La implementación de un sistema de recolección y tratamiento de las aguas residuales generadas en las riberas del lago.

En 1985, el desaparecido Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial -ICAITI- suscribió un convenio de cooperación técnica con el Gobierno de la República Federal de Alemania, a través de su Agencia para la Cooperación Técnica -GTZ-, el cual dio como resultado el establecimiento de los “Parámetros Mínimos y sus límites Máximos Permisibles de Contaminación para la Descarga de Aguas Servidas”, que fue presentado a la Comisión Nacional del Medio Ambiente -CONAMA-, y posteriormente fue aprobado por Acuerdo Gubernativo Número 60-89, en febrero de 1989.

Asociación Protectores del Lago de Amatitlán –ASPROAMAT-, ONG que fue creada en febrero de 1994 por medio del Acuerdo del Ministerio de Gobernación 025-94, con la finalidad de:

- Velar por la conservación, mejoramiento y protección del Lago de Amatitlán, desde el punto de vista higiénico, ecológico, turístico, social, educativo y de beneficio común;

- Trabajar de forma conjunta con las municipalidades, agroindustrias, sector público y privado para realizar proyectos de implementación de sistemas adecuados de tratamiento de aguas servidas y negras, mieles industriales y domésticas, adecuada disposición final de basura y sus desechos residuales;
- Fomentar la educación ambiental;
- Promover programas de reforestación en zonas propensas a la erosión;
- Fomentar la elaboración de normas, leyes y reglamentos que ayuden a proteger y mejorar las condiciones del ambiente del lago y su cuenca, instando al sector público para que las mismas sean aplicadas;
- Impulsar la elaboración de diseños de infraestructura y otras actividades en beneficio de la cuenca del lago.

FUNDALAGO, ONG integrada por pobladores del Municipio de Amatitlán, fue creada en febrero de 1995 por medio del Acuerdo Gubernativo 021-95, con los siguientes objetivos:

- La protección y conservación del entorno ecológico de la cuenca del lago;
- Promover proyectos de investigación;
- Desarrollar proyectos de educación ambiental;
- Reforestación de la cuenca;
- Recolección de basura para reciclaje.

La **Autoridad para el Rescate y Resguardo del Lago de Amatitlán -ARRLA-**, fue creada como una dependencia de la Presidencia de la República, por medio del Acuerdo Gubernativo 489-85, que fue modificado por los Acuerdos Gubernativos 1110-85, y 211-87, los cuales en su oportunidad no establecieron suficientemente su naturaleza, capacidad jurídica, funciones y ámbitos de competencia.

En 1992 CONAMA apoyó la gestión de la Autoridad para el Rescate y Resguardo del Lago de Amatitlán -ARRLA-, con la elaboración del documento “Escenario de la Cuenca y el Lago de Amatitlán”, con el que se caracterizó de forma global el ecosistema cuenca-lago, proponiendo una serie de recomendaciones a seguir en la gestión ambiental, y constituyéndose como un instrumento de apoyo para el rescate de ese cuerpo de agua.

Para otorgarle la importancia, brindarle el apoyo y la protección que ARRLA requería, fueron derogados todos los acuerdos mencionados anteriormente y se emitió el Acuerdo

Gubernativo 204-93, cuyo fin específico era planificar, coordinar y ejecutar las acciones del sector público y privado necesarias para la preservación del Lago de Amatitlán y todas sus cuencas tributarias. En 1995 se inició una oficina ejecutiva, para la coordinación del rescate, así como la canalización de recursos económicos para la realización de estudios de factibilidad de distintos proyectos considerados prioritarios.

Finalmente, el 18 de septiembre de 1,996 el Congreso de la República por medio del Decreto 64-96, emitió la Ley de Creación de la **Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán, -AMSA-** para darle mayor potestad, apoyo y protección a la citada Autoridad, derogando el Acuerdo Gubernativo 204-93. AMSA fue creada como Organismo al más alto nivel, con el fin específico de planificar, coordinar y ejecutar todas las medidas y acciones del sector público y privado necesarias para recuperar el ecosistema del Lago de Amatitlán y todas sus cuencas tributarias.

El 17 de marzo de 1999 la Presidencia de la República, mediante Acuerdo Gubernativo 186-99, aprobó y publicó el Reglamento de -AMSA-

Actualmente AMSA tiene convenios vigentes con las siguientes instituciones:

- Universidad Galileo, coordinación de actividades de investigación, prácticas de estudiantes de pregrado y postgrado;
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología – INSIVUMEH- autorización de conexión al sistema satelital para transmisión de datos de la estación hidro-meteorológica del río Villalobos;
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, coordinación de actividades de monitoreo y repoblación de peces en el Lago de Amatitlán;
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social –MSPAS-, apoyo para fumigación, vacunación de trabajadores y animales domésticos en el área del relleno sanitario que opera AMSA, y apoyo para el programa de deschatarrización;
- USAC-Facultad de Humanidades, apoyo con estudiantes de Ejercicio Profesional Supervisado;
- Hotel las Farolas, Antigua Guatemala, capacitación para el personal del hotel en temas ambientales, donación de habitaciones, precios especiales en alimentación y apoyo a voluntariados, uso de instalaciones para eventos ambientales;

- Consejo Nacional de la Juventud –CONJUVE-, coordinar acciones con jóvenes residentes en el área de la cuenca del Lago de Amatitlán, para cumplimiento de la Política de la Juventud;
- Ministerio de la Defensa Nacional, -MINDEF- uso de bien inmueble con una extensión de 4 manzanas en El Morlón, para la producción de especies forestales en viveros;
- Municipalidad de Santiago Sacatepéquez, implementación de programas y proyectos de educación ambiental y concientización ciudadana, huella verde, eco cine, erradicación de basureros clandestinos, fomento de utilización de estufas ahorradoras de leña;
- Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, implementación de programas y proyectos de educación ambiental y concientización ciudadana, huella verde, eco cine, erradicación de basureros clandestinos, fomento de la utilización de estufas ahorradoras de leña;
- Fundación Defensores de la Naturaleza, desarrollo de acciones conjuntas para la protección y manejo sustentable del Parque Nacional Naciones Unidas y la Cuenca del Lago de Amatitlán;
- Casa Santo Domingo, Antigua Guatemala, capacitación para el personal del hotel en temas ambientales, uso de instalaciones para eventos relacionados con el ambiente;
- Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, implementación de programas y proyectos de educación ambiental y concientización ciudadana, huella verde, eco cine, erradicación de basureros clandestinos, fomento de la utilización de estufas ahorradoras de leña;
- Agregados de Guatemala, S. A. –AGREGUA- coordinación de actividades de capacitación, apoyo a eventos de AMSA;
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-, coordinación de actividades de reforestación, conservación y manejo de suelos, dotación de estufas ahorradoras de leña para reducir la deforestación de las áreas boscosas en el área de la Cuenca del Lago de Amatitlán y contribuir a incrementar las recargas de los mantos acuíferos;
- Universidad Rural de Guatemala; actividades de investigación de estudiantes de pregrado.

Además se cuenta con la participación del sector educativo y del sector privado por medio de la institución Empresarios por el Ambiente, para la realización de jornadas de voluntariados, las cuales consisten en reforestación, erradicación de basureros, elaboración de barda con material PET, campañas de limpieza y elaboración de manualidades con material reciclado. Sin embargo, es importante mencionar que actualmente no existen indicadores que permitan evaluar los efectos que estas actividades tienen sobre los hábitos de la población, por lo tanto, no es posible determinar cuáles son los logros que se obtienen con respecto a la disminución de la contaminación.

Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, fue creada en agosto de 2012, sus principales objetivos son:

- Proporcionar mejores servicios y transporte
- Incrementar la seguridad por medio del aumento de cámaras, alumbrado y recuperación de espacios públicos
- Realizar la compra de materiales en conjunto
- Efectuar obras de infraestructura en común
- Coordinar normas de tránsito

Está integrada por las Municipalidades de Mixco, Villa Nueva, Amatitlán, Villa Canales, San Miguel Petapa y Santa Catarina Pinula, quienes conscientes de que gran parte del cuidado del Lago de Amatitlán les corresponde, elaboraron un proyecto para el manejo de desechos sólidos, con un costo estimado de Q. 667 millones, cuya principal propuesta es que el relleno sanitario ubicado en cercanías del Lago, sea administrado por las comunas. En la actualidad este relleno sanitario recibe en promedio de 1,200 toneladas cúbicas de desechos diariamente y se estima que solamente tiene 2 o 3 años de vida útil.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- creado en el año 2000, por medio del Decreto 96-2000, su Reglamento Orgánico Interno fue creado por medio del Acuerdo Gubernativo 186-2001. Es la entidad del sector público especializada en materia ambiental, le corresponde ejecutar las acciones necesarias para proteger los sistemas naturales que desarrollan y dan sustento a la vida en todas sus manifestaciones y expresiones, a la vez debe fomentar una cultura de respeto y armonía con la naturaleza,

con el objeto de preservar y utilizar racionalmente los recursos naturales, articulando el quehacer institucional, económico, social y ambiental.

Han transcurrido 50 años desde las primeras acciones que se realizaron para la preservación del Lago de Amatitlán, sin embargo, actualmente no existe una propuesta integral con respecto a la preservación del medio ambiente y a pesar de que en varias oportunidades diferentes sectores de la sociedad guatemalteca han presentado iniciativas de ley al Congreso de la República, aún no existe ninguna ley en Guatemala que regule el uso del agua, de tal cuenta, los programas que se han desarrollado para el rescate del Lago de Amatitlán han resultado poco efectivos, con cada cambio de gobierno se inicia prácticamente desde cero la gestión con respecto al anterior.

La ausencia de leyes en la materia, permite que no se apliquen controles, de tal forma que cualquier persona, empresa o entidad puede perforar pozos, utilizar los cuerpos de agua como vertedero de desechos de todo tipo, desviar el cauce de los ríos y utilizar sin límite alguno los recursos hídricos para fines domésticos, industriales, mineros, etc. (Pocasangre, 2015)

El aspecto más relevante es que los proyectos que se ejecutan en la actualidad están orientados a combatir los efectos de la contaminación del lago de Amatitlán, en lugar de atacar las causas que la provocan, dándole la debida importancia a la educación en materia ambiental, a la planificación urbana, a las normas de construcción, al establecimiento de controles efectivos para el manejo de desechos sólidos y para el vertido de aguas residuales, de tal forma que se detenga la contaminación desde su origen.

3.2 Costo económico de la contaminación del lago de Amatitlán para la población económicamente activa

De acuerdo con la proyección de población del INE, la población económicamente activa del municipio de Amatitlán está integrada por aproximadamente 41,900 personas, cuya principal actividad es en el sector comercio y servicios, le siguen el sector agropecuario, industria, construcción, administración pública. Un aspecto importante es que un alto porcentaje de la PEA se emplea en la ciudad de Guatemala y otros lugares como Villa Nueva y Escuintla. Esto significa que es una fracción de la PEA de Amatitlán la que

recibe el efecto directo (externalidad negativa) de la contaminación del lago, siendo fundamentalmente las que prestan o producen servicios al turismo (lancheros, ventas de comida y otros) y los lugares poblados que se localizan en las cercanías del lago.

Efectivamente son las comunidades que se encuentran ubicadas a orillas del lago, o en sus cercanías son las que se consideran más vulnerables a los efectos negativos de la contaminación, estas comunidades son las Aldeas Las Trojes, Llano de Ánimas, Cerritos, Tacatón, Mesillas Bajas y el Caserío Mesillas Altas. La población total de estas comunidades es de aproximadamente 12,000 personas, sin embargo, solamente 3,500 personas residen directamente a orillas del lago.

La PEA de estas comunidades es de aproximadamente 4,200 personas, quienes se ocupan principalmente en negocios familiares, como tiendas, talleres, elaboración de artesanías, venta de comida y otras actividades.

Las principales actividades económicas relacionadas con el Lago de Amatitlán son la venta de comida, dulces típicos, artesanías, toma de fotografías y alquiler de lanchas de motor, de remos y de pedales.

El estado de contaminación del Lago de Amatitlán, ha causado enormes daños ambientales, pero también ocasiona un costo que afecta de forma directa el desarrollo tanto económico como social del municipio de Amatitlán.

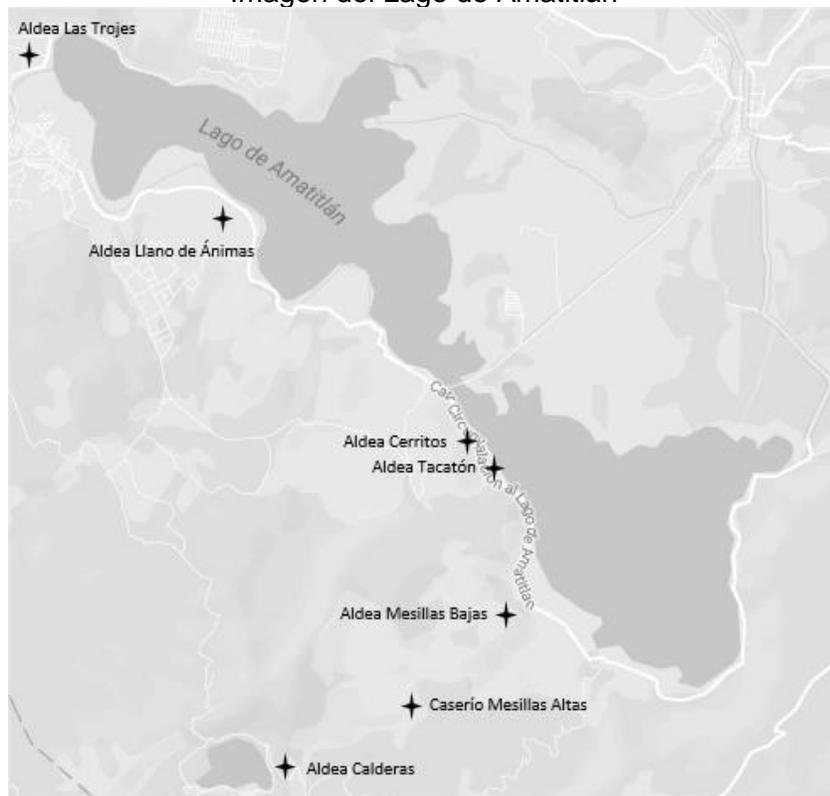
Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, el agua contaminada, la disposición inadecuada de las aguas servidas, junto con las infecciones respiratorias agudas, son las principales causas de morbilidad y mortalidad en el país, siendo el más susceptible el grupo etario comprendido ente los 0 y 4 años.

Investigaciones realizadas en años recientes han demostrado que las descargas de aguas negras del área de la cuenca del Lago de Amatitlán contienen un alto grado de contaminación bacteriana, incluyendo *Vibrio cholerae* y otros microorganismos patógenos. (Gudiel, 2007)

En el Municipio de Amatitlán las enfermedades más comunes que se relacionan con la contaminación del agua y a la falta de higiene son: infecciones intestinales bacterianas, giardiasis, amebiasis, diarreas y gastroenteritis infecciosas y parasitarias, así como enfermedades transmitidas por vectores de hábitats acuáticos como el dengue y el paludismo. En el período 2002 a 2014 se registraron 11,621 casos de enfermedades gastrointestinales y durante el período 2007 a 2014 fueron registrados 1,718 casos de enfermedades transmitidas por vectores. (MSPAS, 2016)

En ninguno de los casos hay estadísticas que relacionen de forma directa la contaminación del Lago de Amatitlán con la incidencia de enfermedades, sin embargo, algunas comunidades presentan características, como su cercanía al Lago o a sus afluentes, que las convierten en áreas de riesgo en salud, ya que en ellas se generan los mayores índices de enfermedades según el Ministerio de Salud y Asistencia Social. Las comunidades que presentan mayor riesgo son: Las Trojes, Llano de Ánimas, Cerritos, Calderas, Mesillas Altas y Mesillas Bajas. (SEGEPLAN, 2011)

Figura 9
Imagen del Lago de Amatitlán



Fuente: Google Maps

Cuadro 18
Casos reportados de enfermedades gastrointestinales
Municipio de Amatlán
Años 2002 – 2014

Diagnóstico	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Enteritis debida a Salmonella	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
Shigelosis de tipo no especificado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Enterocolitis debida a Clostridium difficile	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	22	59	29	118
Infección intestinal bacteriana	108	0	0	8	51	16	20	149	53	5	53	51	196	710
Intoxicación alimentaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
Absceso amebiano del hígado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Amebiasis	499	380	563	775	395	251	434	668	241	245	1,054	1,084	892	7,481
Balantidiasis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Giardiasis	0	0	3	3	23	27	40	51	24	94	101	59	33	458
Otras enfermedades intestinales especificadas debidas a protozoarios	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Gastroenteropatía aguda debida al agente de Norwalk	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Otras enteritis virales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Infección intestinal viral, sin otra especificación	0	0	2	0	16	0	0	0	0	1	0	9	1	29
Rotavirus Sospechoso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	8
Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	53	765	628	1,447
Disentería (diarrea con sangre)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Otras enfermedades diarreicas agudas	516	0	0	0	0	0	0	0	36	338	460	0	0	1,350
Total	1,123	380	569	793	485	294	494	868	354	693	1,746	2,030	1,792	11,621

Fuente: elaboración propia con datos de la Unidad de Información Pública del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

Cuadro 19
Casos reportados de enfermedades transmitidas por vectores
Municipio de Amatitlán
Años 2007 – 2014

Diagnóstico	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Fiebre del dengue (dengue clásico)	51	7	5	23	91	474	734	300	1,685
Fiebre del dengue (hemorrágico)	0	0	0	0	2	11	8	1	22
Paludismo debido a Plasmodium vivax, sin complicaciones	1	1	1	1	0	0	1	4	9
Malaria clínico	0	0	0	0	0	2	0	0	2
Total	52	8	6	24	93	487	743	305	1,718

Fuente: elaboración propia con datos de la Unidad de Información Pública del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

En visitas de campo a comunidades ubicadas a orillas del Lago de Amatitlán y en sus cercanías, se realizaron entrevistas directas y 4 talleres con la participación de pobladores de las Aldeas Cerritos, Tacatón, Llano de Ánimas, Mesillas Bajas y Caserío Mesillas Altas. Ver detalle en cuadro 20.

Cuadro 20
Trabajo de Campo
Comunidades con Alto Índice de Riesgo
Municipio de Amatitlán

Comunidad	Fecha	Asistentes a Talleres	Personas Entrevistadas	Total
Aldea Llano de Ánimas	14/01/2017	42	58	100
Aldea Cerritos	21/01/2017	31	44	75
Aldea Tacatón	21/01/2017	16	34	50
Aldea Mesillas Bajas	4/02/2017	34	41	75
Caserío Mesillas Altas	4/02/2017	18	32	50
Totales		141	209	350

Fuente: elaboración propia

La finalidad del trabajo de campo fue consultar a los pobladores acerca de los siguientes aspectos relacionados con la contaminación del Lago de Amatitlán:

- Incidencia de enfermedades gastrointestinales
- Incidencia de enfermedades transmitidas por vectores
- Costo económico de medicamentos para el tratamiento de las enfermedades indicadas
- Ausentismo laboral ocasionado por enfermedad
- Utilización de agua del Lago para atender tareas domésticas

Se determinó que ninguna de las comunidades visitadas se abastece de agua del lago para realizar tareas domésticas, debido a que existe un sistema de distribución de agua que proviene de la Laguna de Calderas. El abastecimiento no es constante, cada comunidad recibe agua entre 5 y 6 horas al día, por lo que deben almacenarla en recipientes y toneles, adicionalmente, el agua debe hervirse o clorarse antes de ser consumida, debido a que la misma no es tratada previo a ser distribuida a los hogares.

Con referencia a la incidencia de enfermedades gastrointestinales, el 83% de los pobladores manifestó que no hay relación con el lago. Tomando como referencia los datos de enfermedades gastrointestinales del cuadro 18, en promedio se reportan anualmente 900 casos, y de estos 153 tendrían relación directa con la contaminación del lago, adicionalmente, y por la información obtenida de los pobladores participantes en los talleres, al menos el 50% de los casos de enfermedades gastrointestinales no son reportados, ni atendidos en hospitales y/o centros de salud, por lo que el total de casos por año ascendería a 306, entre adultos y niños. El costo “de bolsillo” del tratamiento de una infección gastrointestinal es de aproximadamente Q. 153.25 en costo de antibióticos y Q 94.68 en costo de suero rehidratante, es decir, un total de Q. 247.93, monto en el que se estima incurren los pobladores para mejorar su salud.

Con respecto a enfermedades transmitidas por vectores, los pobladores indican que el 70% de los casos no tiene relación con la contaminación del lago de Amatitlán. Según los datos del cuadro 19, el 98% de los casos reportados corresponde a dengue clásico, y en promedio se reportan 211 casos anuales, de los cuales 63 tendrían relación directa con la contaminación del lago, de igual forma, el 50% de los casos no son reportados, ni atendidos en hospitales y/o centros de salud, por lo que el total de casos cada año ascendería a 126, entre adultos y niños. En el caso del dengue clásico, no existe un tratamiento específico, solamente se suministran líquidos si hay signos de deshidratación y se administra un analgésico para contrarrestar la fiebre y el dolor, por un período aproximado de 7 días, el costo aproximado del tratamiento es de Q. 49.86.

Adicionalmente, en ambos casos se produce ausentismo laboral, en promedio 2 días, dependiendo de la severidad de cada caso particular. Del total de casos, 306 de enfermedades gastrointestinales y 126 de dengue clásico, se calcula que el 36.4%

corresponde a población económicamente activa, lo que equivale a 157 personas. En total serían 314 días laborales, con un costo de Q. 79.48 por día laboral.

Los recursos que se invierten cada año en labores de limpieza y mantenimiento del Lago de Amatitlán, se elevan a Q.2,073,780.00, cifra que no ha sido suficiente para lograr los objetivos de limpieza y mantenimiento del lago, debido a que se necesita la participación responsable de todos los sectores de la sociedad. Sin embargo, estas actividades han evitado la acumulación de aproximadamente 60,000 m³, de sólidos flotantes y plantas acuáticas anualmente. (AMSA, 2015)

En aspectos económicos la mala calidad del agua del Lago de Amatitlán, ha afectado de forma directa la pesca artesanal. Estudios realizados sobre parásitos en los peces señalan que las condiciones del lago favorecen la presencia de sanguijuela en las branquias de los peces y tripanoplasma y haemogragasrinas en la sangre, lo cual presenta un riesgo potencial para los consumidores de las especies del lago. Con el tiempo la producción pesquera en el lago prácticamente desapareció por completo. De acuerdo a datos de AMSA, para el año 2000 la producción pesquera en el Lago de Amatitlán era de 40 toneladas anuales, y abastecía los mercados de Amatitlán, Villa Nueva, San Miguel Petapa y Villa Canales, a un precio de Q. 13.50 por libra. Pero poco a poco, los peces fueron disminuyendo, la introducción de tilapia acabó con otras especies, ya que esta tiende a sobrevivir en lugares contaminados y es comercialmente apetecida, de hecho, es la única que ha sobrevivido y es consumida solo a nivel local. (AMSA, 2010)

Con la desaparición, aproximadamente en el año 2007, de la pesca artesanal, se perdió una actividad económica que ocupaba alrededor de 200 personas, que generaban anualmente un ingreso aproximado de Q.1,080,000.00.

Desde el año 2000, aproximadamente 100 personas que se dedicaban a la venta de comida y dulces típicos de forma habitual en la playa pública del Lago de Amatitlán, han dejado esta actividad, lo que significa la pérdida de la generación de ingresos por aproximadamente Q. 2,000.00 mensuales por persona.

Los Informes de Gestión y Ejecución de Gastos de AMSA en el Sistema de Contabilidad Integrada del gobierno de Guatemala, correspondientes al período 2004-2014, muestran que el monto total del gasto de funcionamiento de esta entidad asciende a Q. 154.94 millones, lo que equivale en promedio a Q. 14.08 millones anuales. Según AMSA, los

diversos desembolsos a lo largo de esos 11 años responden a la gestión de proyectos de educación ambiental, planificación urbana, ordenamiento territorial, operación y mantenimiento; así como acciones de control, calidad y manejo del recurso hídrico en la cuenca del Lago de Amatitlán. No es el propósito de este trabajo medir la eficiencia y eficacia de los recursos financieros públicos asignados a AMSA, pero es un indicador del monto que la sociedad está dispuesta a invertir para sanear el lago, que a juzgar por la evidencia, no se puede afirmar que la contaminación del lago esté en proceso de disminución, por lo que esos montos son insuficientes y dan la pauta del costo de la contaminación para la sociedad amatitlaneca y de su PEA.

Es muy importante mencionar que parte de los recursos económicos para el funcionamiento de AMSA se han obtenido por medio de la contratación de deuda pública, tal como sucedió con el préstamo otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo – BID- 1651-OC/GU con el que se financió el Plan de Manejo Integrado de la Cuenca y del Lago de Amatitlán –PLANDEAMAT- que actualmente se encuentra en su fase de legitimación ante las autoridades y que contiene proyectos integrales que deben desarrollarse de forma conjunta con todos los actores involucrados tanto del sector público como privado. En este sentido, tradicionalmente las autoridades han considerado más apremiante cubrir otros gastos nacionales, dejando a un lado el cuidado de los recursos naturales, y en este caso en particular, el rescate del Lago de Amatitlán. (Ruch Molina, 2014)

Considerando la adquisición de préstamos para financiar el presupuesto de AMSA, cabe la pregunta ¿cómo se va a pagar esa deuda? Si el proyecto de rescate del lago no busca generar ingresos, sino rescatar un bien natural, cuyos ingresos son solamente los que se derivan de su valor de uso, es decir, valores imputables a la comunidad o valores sociales. De acuerdo con la ley, cada institución descentralizada o autónoma debe programar en su presupuesto anual la provisión necesaria para cubrir las obligaciones que por deuda pública le correspondan.

La contaminación del Lago de Amatitlán también ha sido utilizada para el derroche inútil de recursos por parte de las entidades estatales, a principios del año 2015, AMSA adjudicó en dos eventos por excepción un contrato por Q.137.8 millones con la empresa M. Tarcic Engineering Ltd., para la compra de noventa y tres mil litros de un líquido

descontaminante para aplicarlo al Lago de Amatitlán. Sin embargo, luego de críticas y acciones legales de parte de científicos, académicos, políticos y ambientalistas que cuestionaron la firma del contrato con la empresa mencionada, se dio marcha atrás al proyecto el 30 de marzo del mismo año, se suspendió el pago a la empresa contratada y la aplicación del descontaminante sobre el sistema acuático, formándose una comisión integrada por expertos y organizaciones para escuchar propuestas y determinar la forma en que se puede sanear el lago de Amatitlán sin afectar el entorno socio-ambiental.

El 15 de mayo de 2015, la fiscalía guatemalteca determinó que el líquido vertido en el lago no es efectivo, debido a tratarse en su mayor parte de solución salina, por lo que habrían de tomarse acciones legales por la firma del contrato, del cual ya se habían desembolsado Q22.8 millones. (Alvarado, 2015).

Cuadro 21
Resumen de Costos para la PEA en el periodo 2000 – 2014
Generados por la contaminación del Lago de Amatitlán

Tipo de costo		Descripción	Total
Recuperación de la salud	Enfermedades gastrointestinales	306 casos por Q. 247.93	Q 75,866.58
	Enfermedades transmitidas por vectores	126 casos por Q. 49.86	Q 6,282.36
Ausentismo laboral ocasionado por enfermedades		314 días por Q. 79.48	Q 24,956.72
Pérdida de la producción pesquera (desde 2007)		80,000 lbs. Por Q. 13.50	Q 7,560,000.00
Pérdida de puestos de trabajo		100 personas por Q. 2,000.00/mes	Q 2,400,000.00
Costo total			Q 10,067,105.66

Fuente: Elaboración propia

La información consignada en el cuadro 21 contiene datos de los costos que asumen los hogares y que debe aportar el generador de ingresos, o sea la PEA, que es el sostén del hogar, habiendo calculado que alrededor de Q 10 millones es el costo para la PEA local.

En tanto que toda la sociedad en su conjunto, que aporta impuestos a las cajas fiscales del Estado, está asumiendo un costo de Q. 16.1 millones anuales, para el funcionamiento de AMSA, que como se dijo anteriormente, es aún insuficiente para lograr el rescate del lago de Amatitlán. (Ver Cuadro 22)

Cuadro 22
Resumen de Otros Costos
Generados por la contaminación del Lago de Amatitlán

Tipo de costo	Descripción	Total
Limpieza y mantenimiento	Q. 172,815.00 mensual	Q 2,073,780.00
Costo de funcionamiento de AMSA	Q. 1,173,000 mensual	Q 14,076,000.00
Costo total		Q 16,149,780.00

Fuente: Elaboración propia

En la realización del presente trabajo no ha sido posible calcular el efecto en el sector turismo, considerando que ha disminuido el valor de uso del lago por el disfrute del paisaje y las acciones conexas de actividades turísticas (restaurantes, artesanías, lancheros, guías de turismo, ingresos municipales por ingreso a la playa pública, aparcamiento de vehículos, etc.), debido a que no existen estadísticas del Instituto Guatemalteco de Turismo –INGUAT-, ni de la Municipalidad de Amatitlán, con respecto al número de personas que visitan anualmente el Lago.

Conclusiones

1. El proceso acelerado de urbanización debido al crecimiento poblacional ha provocado un aumento de zonas residenciales rebasando la capacidad de prestación de servicios municipales, debido a que no se cuenta con los recursos financieros necesarios para prestar los servicios básicos, entre los más importantes se encuentran: manejo de aguas servidas, manejo de desechos sólidos y de desechos industriales, aun cuando los proyectos formales de construcción han cumplido con lo establecido en los reglamentos de construcción de los municipios que forman parte de la cuenca del Lago de Amatitlán, el crecimiento de la población ha provocado el surgimiento de gran cantidad de asentamientos con construcciones que no cuentan con sistemas de desagüe adecuados, fosas sépticas o sistemas de recolección de aguas servidas. De acuerdo a proyección de crecimiento poblacional del INE, en los 14 municipios que forman la cuenca del lago de Amatitlán se concentra el 17.5% de la población total del país y los 7 municipios con influencia directa en el lago representan el 16.3% de la población total. Los municipios con mayor crecimiento fueron San Miguel Petapa y Villa Nueva.

El crecimiento poblacional es el factor que mayor influencia tiene sobre el proceso de contaminación del lago de Amatitlán, se calcula que el 56% de aguas residuales proviene de áreas residenciales.

2. Las empresas industriales incumplen con los límites máximos permitidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales y Disposición de Lodos, el 23% de la industria nacional se encuentra ubicada en la zona de la Cuenca del Lago de Amatitlán, y aproximadamente el 32% de las aguas residuales proviene de la actividad industrial, lo que le convierte en el segundo factor de influencia sobre el proceso de contaminación del lago.

3. En el área de la cuenca del Lago de Amatitlán el área destinada a la agricultura es de 40.66 Km² (4,066 hectáreas), de esta área solamente 15.95 Km² se destinan a cultivos permanentes y semipermanentes. La contaminación generada por la agricultura es difusa y difícil de medir, AMSA estima que solamente el 12% de la contaminación del Lago de Amatitlán proviene de la actividad agrícola, por lo que se considera el factor que menos influye, siendo la contaminación generada por las áreas residenciales y la actividad industrial la más relevante.
4. AMSA ejecutó Q480.6 millones entre 2004 y 2014. Se requieren más de Q576 millones para desarrollar 42 proyectos en un plazo de hasta 5 años; Q891.8 millones para ejecutar todos los proyectos con un plazo hasta de 10 años. Para completar el Plan Maestro para el Manejo Integrado de la Cuenca y del Lago de Amatitlán, y ejecutar la totalidad de los proyectos, hasta 15 años la inversión es de Q2,337.7 millones. En los presupuestos del Estado de los últimos años ha sido evidente que a la inversión para proteger los recursos naturales no se le ha asignado la prioridad requerida.
5. El proceso de contaminación y deterioro progresivo del Lago de Amatitlán es un problema que se ha observado desde hace décadas, aunque a lo largo del tiempo han sido varias instituciones y entidades las que se han involucrado en mayor o menor medida en actividades relacionadas con su preservación, solamente se ha invertido en programas de descontaminación, que es el “efecto” del problema, mientras que se ha dejado de lado la “causa”, que en este caso es la continua contaminación provocada principalmente por los sectores doméstico e industrial.

Adicionalmente, no existen indicadores que permitan medir la efectividad de los proyectos que se ejecutan para detener el proceso de contaminación del lago de Amatitlán.

El punto clave en el proceso para la recuperación del lago de Amatitlán consiste en “dejar de contaminarlo”.

6. En la actualidad en Guatemala, no existe ninguna ley que regule el uso del agua, por lo tanto no se aplican controles estrictos, de tal forma que cualquier persona, empresa o entidad puede perforar pozos, utilizar los cuerpos de agua como vertedero de desechos de todo tipo, desviar el cauce de los ríos y utilizar sin límite alguno los recursos hídricos para fines domésticos, industriales, mineros, etc.

7. Se estima que el costo que la contaminación del Lago de Amatitlán ha generado para la población económicamente activa, en el periodo 2000 - 2014 es de Q10,067,000.00 y adicionalmente, cada año se genera un costo de Q16,149,780.00 por gastos relacionados con labores de limpieza y funcionamiento de AMSA.

Recomendaciones

1. A las municipalidades de la cuenca del Lago de Amatitlán:
 - Unificar criterios de diseño y aprobación de proyectos de construcción, tomando en consideración la geología y el tipo de suelo de cada sector, lo que implica modificar sus respectivos reglamentos de construcción.
 - Crear o habilitar plantas de tratamiento de aguas residuales y establecer programas de mantenimiento para las mismas.
 - Implementar proyectos de recolección y manejo de desechos sólidos, con controles estrictos.
 - Establecer multas severas para quienes tiran basura en lugares no habilitados para el efecto.

A la Autoridad para el Manejo sustentable de la cuenca del lago de Amatitlán (AMSA): que realice un proceso de caracterización y posterior monitoreo de las industrias que generan aguas residuales y que se encuentran dentro del área de la cuenca del Lago de Amatitlán, para establecer el grado de afectación, así como el costo de reposición de los daños ambientales ocasionados. Asimismo debe capacitar a los productores agrícolas en el uso adecuado de agroquímicos, para que utilicen las cantidades apropiadas de fertilizantes, herbicidas, pesticidas, etc., de acuerdo al tipo de suelo y de plantación. En los procesos de capacitación en el uso de agroquímicos se debe incluir una etapa de sensibilización con respecto al uso sostenible del agua para el desarrollo de actividades agrícolas.

Debe implementar un sistema de control para monitorear el uso de agroquímicos para el manejo de plagas y fertilización.

2. Con la finalidad de obtener recursos que puedan destinarse al cuidado del Lago de Amatitlán, a nivel municipal se establezca una tarifa ambiental aplicable únicamente a los municipios que forman parte de la cuenca, estos recursos se deben destinar para financiar diferentes proyectos, entre ellos la recolección y manejo de desechos sólidos y aguas residuales. Esta tarifa podría incluirse en el cobro de otros impuestos y servicios municipales, como el IUSI, o en la tasa municipal incluida en la factura mensual de energía eléctrica, para el efecto, en el cuadro 23 se realizó un cálculo de la cantidad de hogares que se encuentran dentro del área de influencia de la cuenca del Lago de Amatitlán y que podrían ser aplicables para el pago de la tarifa indicada.

En el pago de esta tarifa también debe incluirse a las aproximadamente 900 empresas industriales que se encuentran ubicadas en el sector.

Cuadro 23
Cálculo de Hogares
Área de influencia de la Cuenca del Lago de Amatitlán

Departamento	Municipio	No. Hogares
Guatemala	San Pedro Sacatepéquez	2,140
	Mixco	56,189
	Guatemala	46,476
	Santa Catarina Pinula	12,382
	San Miguel Petapa	45,426
	Villa Nueva	135,224
	Fraijanes	347
	Villa Canales	8,357
	Amatitlán	8,124
Sacatepéquez	Santiago Sacatepéquez	2,941
	San Bartolomé Milpas Altas	590
	San Lucas Sacatepéquez	5,293
	Santa Lucía Milpas Altas	2,068
	Magdalena Milpas Altas	2,098
Total		327,655

Fuente: Elaboración propia con datos del INE

3. El Gobierno Central, debe otorgar a AMSA la autoridad necesaria para establecer controles y participar activamente en la imposición de sanciones o multas, para quienes incumplan con los mismos.

AMSA debe contar con una herramienta que permita medir el grado real de beneficios socio-ambientales que se obtienen con los proyectos realizados de manera que puedan ser comunicados al público en general y puedan ser evaluados por la propia institución.

4. Las autoridades ambientales, deben establecer indicadores que permitan medir los avances y los efectos que causan los distintos proyectos que se realizan para la preservación del Lago.
5. Se debe otorgar por parte del Organismo Legislativo, prioridad a la aprobación de una Ley de Aguas que permita el establecimiento de controles estrictos en el uso y aprovechamiento del recurso.

Referencias Bibliográficas

- AMSA. (2015). *Calidad de agua de la Cuenca y Lago de Amatitlán*. Amatitlán, Guatemala: AMSA.
- Alfranca Burriel, Ó. (2012). *Evolución del Pensamiento Económico sobre los Recursos Naturales*. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Alvarado, H. (15 de Mayo de 2015). Fórmula para el Lago de Amatitlán era solución salina. *Prensa Libre*.
- AMSA. (1999). La Revista Hídrica, año 1, número 5. "Amatitlán: ayer y hoy".
- AMSA. (2003). *Plan Maestro de Manejo Integrado de la Cuenca y del Lago de Amatitlán*. Guatemala.
- AMSA. (2010). *La cuenca y el lago de Amatitlán*. Guatemala: AMSA.
- Banco Mundial. (2008). *Informe sobre el Desarrollo Mundial. Agricultura para el Desarrollo*.
- Boulding, K. (1966). *La economía de la llegada de la Nave Espacial Tierra*. Baltimore: Jarret, H.
- Caballeros, Á. (2014). Los aportes de la agricultura familiar campesina a la economía. *Mesa de Articulación Asoc. Nac. y Redes Regionales de ONG de América Latina y El Caribe*.
- Carrera, J., Gálvez, J., & López, E. (2013). *Mucha agua, poca gestión*. Guatemala: Inst. de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Rafael Landívar.
- Chinchilla Aguilar, E. (1961). *Historia y Traidiciones de la Ciudad de Amatitlán*. Guatemala: José de Pineda Ibarra.
- Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2016). *Comisión Nacional de Energía Eléctrica*. Obtenido de http://www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=654
- Constanza, R. (1989). *¿Qué es la economía ecológica?* Amsterdam, Holanda: Elsevier Science Publishers.
- CUNOC. (2013). *Caracterización de la Cuenca del Lago de Amatitlán*. Centro Universitario de Occidente. Guatemala: CUNOC.
- Daly, H. E. (1977). *La economía del equilibrio biofísico y el crecimiento moral*. San Francisco, California: W. H. Freeman.
- División de Salud Pública de Carolina del Norte. (2009). Bacterias coliformes en los pozos de agua privada. *Well Water Facts*.
- Echarri, L. (2007). *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. Navarra, España: Universidad de Navarra.

- ENEI. (2014). *Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos*. INE.
- Fajardo Gil, Ó. (2010). *Tierra de Amatlés, Monografía del Municipio de Amatitlán*. Amatitlán: Impresiones EG.
- FAO. (2015). *Agricultura Mundial hacia los años 2015/2030*.
- Gudiel, D. B. (2007). *Evaluación del efecto de aireación artificial para mejorar la calidad del agua del Lago de Amatitlán*. Guatemala.
- Hollander, S. (1973). *La Economía de Adam Smith*. Londres: Heinemann.
- IARNA, URL. (2006). *Perfil Ambiental de Guatemala*. Guatemala: URL.
- IARNA, URL. (2009). *Perfil Ambiental de Guatemala 2008 - 2009*. Guatemala: URL.
- Instituto Nacional de Estadística. (2014). *Caracterización de la República de Guatemala*. Guatemala: INE.
- Kula, E. (1998). *Historia del pensamiento económico ambiental*. Londres: Routledge.
- Ley de Educación Ambiental, Decreto 38-2010 (Congreso de la República Decreto 38-2010).
- MARN. (2011). *Política Nacional del Agua de Guatemala y su Estrategia*. Guatemala: MARN.
- MARN. (2015). Plan Operativo Anual. *Plan Operativo Anual*. Guatemala, Guatemala.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2003). Política Nacional de Educación Ambiental. *Política Nacional de Educación Ambiental*. Guatemala.
- MSPAS. (2016). *Unidad de Información Pública*. Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
- Olcese, O. (2000). *Importancia del agua en el desarrollo social y económico*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria del Perú.
- Pape Yalibat, E. (1998). *Economía Ambiental y Desarrollo Sostenible: Valoración Económica del Lago de Amatitlán*. Guatemala: Serviprensa C. A.
- Pocasangre, H. (19 de Julio de 2015). Contaminación impune sin ley de aguas. *Prensa Libre*, págs. 4 - 5.
- Portal Web AMSA. (2015). *Portal Web AMSA*. Recuperado el Septiembre de 2015, de <http://amsa.gob.gt/web/>
- Romero, C. (1997). *Economía de los recursos ambientales y naturales (2a. edición ampliada)*. Madrid, España: Alianza Editorial, S. A.

- Ruch Molina, A. E. (2014). *Revista Economía No. 199 (Enero-Marzo)*. Guatemala: Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales.
- Sandoval López, F. R. (2004). *Rehabilitación y Mantenimiento del Sistema de Compuertas de Hidroeléctrica Jurún Marinalá*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- SEGEPLAN. (2006). *Estrategia para la gestión integrada de los recursos hídricos de Guatemala (Diagnóstico)*. Guatemala: SEGEPLAN.
- SEGEPLAN. (2010). *Perfil socioeconómico del municipio de Amatitlán*. Guatemala: SEGEPLAN.
- SEGEPLAN. (2011). *Plan de Desarrollo Amatitlán, Guatemala*. Guatemala: SEGEPLAN.
- Sitio Web FAO. (s.f.). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado el 13 de Octubre de 2015, de www.fao.org
- Sraffa, P. (1973). Sobre los Principios de Economía Política y Tributación. En D. Ricardo, *On the Principles of Political Economics and Taxation*. Reino Unido: Cambridge University.
- Universidad de Navarra, España. (s.f.). *Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local*. Obtenido de Parámetros que miden nutrientes en el agua: http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosNutrientes.htm
- USAID. (2010). *Crecimiento Demográfico y Desarrollo Económico*. Guatemala: Proyecto USAID/Calidad en Salud.
- Volkheimer, P. (1993). *Economía Ambiental*. Argentina.

Anexos

Anexo 1
Proyectos, Plazo de Duración y Costo de Implementación
Plan Maestro para el Manejo Integrado de la Cuenca y el Lago de Amatitlán
Versión 2015

No.	Proyecto	Duración	Costo
1	Reforestación Regional	15 años	\$ 1,827,816.51
2	Elaboración y socialización de normativa intermunicipal multisectorial para la gestión integral del ambiente y recursos naturales de la cuenca	2 años	\$ 140,458.41
3	Asistencia técnica y crediticia para el mejoramiento de procesos agrícolas y pecuarios de forma técnica y amigable con el ambiente	5 años	\$ 1,021,515.67
4	Fortalecimiento de la implementación de planes de control y vigilancia de reservas naturales y parques nacionales, municipales y privados	3 años	\$ 421,375.22
5	Creación de reservas naturales y parques municipales e intermunicipales a través de convenios con CONAP e INAB	10 años	\$ 5,746,025.67
6	Fortalecimiento de capacidades municipales y comunitarias para implementación de Programas de PINFOR y PINPEP en áreas de aptitud forestal de recarga hídrica en la cuenca	4 años	\$ 331,992.59
7	Implementación proyecto de recolección y manejo de desechos sólidos, a nivel intermunicipal y creación de plantas de reciclaje, eliminación y generación de energía	10 años	\$ 34,986,911.83
8	Implementación de sistema de peritaje para restringir el uso de agroquímicos para el manejo de plagas y fertilización. Sensibilización a productores en el uso sostenible del agua para desarrollo de actividades agrícolas	6 años	\$ 1,493,966.67
9	Caracterización y monitoreo de industrias ubicadas en la cuenca y la generación de aguas residuales, para la valoración del grado de afectación y el costo de reposición de daños ambientales	2 años	\$ 766,136.76
10	Determinación de la calidad del agua del Lago de Amatitlán y su sistema de drenaje, análisis de muestras de tierra en áreas productivas, cuantificación de cobertura vegetal y de biodiversidad acuática y terrestre y batimetría del lago. Fortalecimiento de la Unidad en AMSA	15 años	\$ 400,000.00
11	Sistema de información meteorológica con red de monitoreo hidroclimatológico, con 10 estaciones meteorológicas y 4 hidrológicas que incluyan muestreo de sedimentos y calidad de agua	5 años	\$ 1,012,500.00
12	Sistema de monitoreo de niveles de los acuíferos y su calidad, con 10 puntos de control	5 años	\$ 1,040,750.00
13	Modelación a detalle en base a estaciones hidrometeorológicas para complementar sistemas de alerta temprana e información para adaptación al cambio climático, incluyendo capacitación a nivel municipal y de AMSA en Cambio Climático, Meteorología, Hidrología y Modelación Hidrológica e Hidráulica	5 años	\$ 390,500.00

14	Sistema de laminación de crecidas, combinación de lagunas/tanques de retardo en 5 descargas pluviales principales y tres reservorios para disminuir en 30% los picos de crecida, en los Ríos Molino, Pinula y Arenal	5 años	\$ 20,000,000.00
15	Desarrollo de planos y proyectos típicos de infiltración y criterios de diseño y aprobación municipal basados en tipo de suelo, geología y características del acuífero, debe incluir modificaciones al reglamento de construcción para incentivar la infiltración de agua de lluvia, reuso y reciclaje de agua de lluvia y/o aguas grises, así como la implementación de lagunas o tanques de retardo en nuevos proyectos	5 años	\$ 255,000.00
16	Recarga artificial de acuíferos, almacenamiento temporal de agua de lluvia de zonas urbanas e impermeabilizadas, con sistema de filtración y rebombeo a zonas de recarga o a zonas de inyección directa al acuífero. Se requiere de desarrollo de proyecto piloto, seguido por 3 proyectos de mayor escala en los municipios de Guatemala, Mixco y Villanueva	5 años	\$ 5,000,000.00
17	Piloto de aprovechamiento de agua de lluvia en zonas urbanas con limitación de agua. Definir proyectos típicos a diferentes escalas con normas de diseño establecidas y determinar un fondo para financiamiento para el desarrollo privado de los sistemas en forma individual, comunitaria o municipal. Incluye asesoría técnica para desarrollar el proyecto	5 años	\$ 3,000,000.00
18	Obras de control de cauces, incluye ubicación de diques transversales y obras longitudinales, pendientes medias y tipos de estructuras en distintos puntos de los Ríos Villalobos, El Frutal, Arenal, San Lucas, El Molino y Pinula	5 años	\$ 15,000,000.00
19	Sistema de vigilancia de taludes y deslizamientos con protocolos específicos para las observaciones, niveles de alerta y medidas de mitigación.	5 años	\$ 250,000.00
20	Obras de protección de taludes en sitios específicos, manual de diseño de obras de contención, disipadores de energía y estabilización de taludes	5 años	\$ 10,000,000.00
21	Valorización de recursos naturales termales para fomento del turismo en pro del desarrollo sustentable en la cuenca	10 años	\$ 250,000.00
22	Monitoreo de contaminación natural derivada de fuentes termales y su implicación en metales pesados	5 años	\$ 100,000.00
23	Conformación de empresa que se dedique a la administración de servicios públicos en la cuenca	1 año	\$ 25,000.00
24	Modernización de laboratorios de control de la calidad del agua de AMSA (formación de personal)	1 año	\$ 250,000.00
25	Programa de vigilancia de la calidad de agua para proveer "agua mejorada" de acuerdo a requerimientos del MSPAS (1 año de planificación)	15 años	\$ 100,000.00
26	Programa de catastro, registro y autorización de empresas y personas individuales que comercian agua para consumo humano	15 años	\$ 300,000.00
27	Programa de monitoreo de descargas de residuos líquidos y del funcionamiento de las PTAR	1 año	\$ 1,200,000.00
28	Programa de letrización y disposición de las aguas grises in situ para áreas especiales	15 años	\$ 3,000,000.00

29	Programa de aprovechamiento de los subproductos de las PTAR	2 años	\$ 1,410,000.00
30	Modernización de rutas e infraestructura para recolección, para los municipios que forman parte de la cuenca	4 meses	\$ 150,000.00
31	Planificación y construcción de sistemas de tratamiento de desechos y residuos sólidos	8 meses	\$ 1,700,000.00
32	Planificación y construcción de sistemas de disposición final y clausura de vertederos de residuos sólidos existentes	1 año	\$ 2,300,000.00
33	Capacitación en ordenamiento territorial a actores claves de la cuenca	4 años	\$ 250,000.00
34	Gestión integral de riesgos naturales, incluye capacitación continua y programas integrales	2 años	\$ 300,000.00
35	Ordenamiento territorial integral en la cuenca	15 años	\$ 1,000,000.00
36	Incentivos y promoción de municipios de la cuenca libres de analfabetismo	1 año	\$ 150,000.00
37	Programa de registro y autorización de perforación de pozos	15 años	\$ 500,000.00
38	Mejoramiento, rehabilitación, limpieza y protección sanitaria de pozos	15 años	\$ 2,000,000.00
39	Programa de agua no contabilizada ANC, y modernización de sistemas	15 años	\$ 133,500,669.00
40	Proyecto de reingeniería para la Empresa de Agua de la Ciudad de Guatemala -EMPAGUA-	3 años	\$ 200,000.00
41	Auto sostenibilidad de los servicios	10 años	\$ 160,000.00
42	Planificación, construcción, adaptación y operación de sistemas de drenajes pluviales y sanitarios	12 años	\$ 28,875,000.00
43	Planificación, construcción, operación y mantenimiento de sistemas municipales de PTAR	15 años	\$ 23,879,999.64
44	Incentivo y promoción a la construcción, rehabilitación y ampliación de unidades de las pequeñas PTAR	2 años	\$ 5,000,000.00
45	Educación formal para la productividad y la inserción laboral	5 años	\$ 100,000.00
46	Educación ambiental continua, adaptada a la currícula de los niveles primario y diversificado en los municipios de la cuenca	3 años	\$ 1,500,000.00
47	Educación sexual para niños y jóvenes de los principales centros educativos en los municipios de la cuenca	3 años	\$ 1,500,000.00
48	Atención y mejoramiento de la seguridad ciudadana (personal patrimonial) con énfasis en la participación social	3 años	\$ 260,000.00
49	Estrategia de comunicación social sobre la atención jurídica y de justicia por los tribunales especializados	3 años	\$ 259,999.98
50	Plan de seguridad vial para minimizar la vulnerabilidad en las actividades recreativas, turísticas y de desarrollo económico	3 años	\$ 150,000.00
51	Estrategia de desarrollo económico local y territorial para la generación de empleo amigable con el ambiente en el Lago de Amatitlán	3 años	\$ 150,000.00
52	Inserción laboral y empleo digno	3 años	\$ 200,000.00
53	Mejoras en el acceso a crédito para emprendedurías, pequeñas y medianas empresas	2 años	\$ 400,000.00
54	Fortalecimiento de procesos de desarrollo económico vinculados al turismo local y de recreación	3 años	\$ 150,000.00

55	Plan de inversión socioeconómica y de gestión ambiental ejecutado por municipalidades y AMSA	1 año	\$ 150,000.00
56	Fortalecimiento municipal para la elaboración e implementación de Planes de Ordenamiento Territorial	2 años	\$ 100,000.00
57	Estrategia de comunicación sobre la gestión adecuada del agua y saneamiento	2 años	\$ 650,000.00
58	Disminución, separación, reciclaje y tratamiento de desechos y residuos sólidos provenientes de los hogares, mediante estrategias educativas y de incentivos	2 años	\$ 650,000.00
Total de la inversión			\$ 315,905,617.95

Fuente: elaboración propia con información proporcionada por AMSA.