

MANUAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL SOBRE EL RECURSO HÍDRICO EN GUATEMALA



Mejorar la calidad del agua de los ríos y lagos de nuestro país es un reto en el que todos los guatemaltecos(as) debemos involucrarnos. Y la educación es el medio propicio para que las futuras generaciones lo asuman.

PRESENTACIÓN

El Manual de Educación Ambiental del Recurso Hídrico en Guatemala es el resultado de la necesidad de fortalecer las capacidades en materia de gestión integrada del agua del país de estudiantes, organizaciones no gubernamentales, sector privado, comunidades y municipalidades, entre otros actores relevantes. Debido al éxito y a los beneficios que el Manual de Educación Ambiental del Recurso Hídrico en el Área Metropolitana ha tenido, emanado del proyecto de “Desarrollo de las Capacidades de la Conservación del Ambiente Acuático en el Área Metropolitana”, se amplió el área de influencia a nivel nacional con información general de recursos hídricos. Para la producción del mismo, se tuvo el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón –JICA–.

Sus objetivos son los siguientes:

- a) Contribuir en el cumplimiento de la Política Nacional de Educación Ambiental;
- b) Apoyar a las y los docentes, para implementar el Currículo Nacional Base –CNB– del Ciclo Básico de Nivel Medio con herramientas didácticas que fortalezcan la conciencia ambiental de los jóvenes de Guatemala;
- c) Contar con un documento base para el fortalecimiento de la educación ambiental no formal para las organizaciones e instituciones relacionadas con temas hídricos.

La educación ambiental es un componente de suma importancia para el ser humano, generando cambios de conducta que permitan el equilibrio con la naturaleza.

Esperamos que este manual se convierta en un instrumento valioso que permita fortalecer la capacidad de los actuales y futuros tomadores de decisiones para la gestión integrada de recursos hídricos en Guatemala.

Equipo Técnico del Proyecto

Coordinador del Proyecto / MARN

Álvaro René Aceituno Ibáñez

Coordinador de Programas / JICA

Kaname Sugimoto

Oficial de Proyectos / JICA

Marta Ventura Sagastume

Consultores de JICA

Principal

Nadia Mijangos López

Asistente Técnico

Andrea del Rosario Camó Molina

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Olivia Orellana

Flor Solórzano

Ricardo Serrano

Ministerio de Ambiente y
Recursos Naturales (MARN)

Agencia de Cooperación
Internacional del Japón (JICA)

Contenido

CAPÍTULO PRIMERO

El Agua	7
1. El Agua	10
1.1 El ciclo del agua	11
1.1.1 ¿Por qué se altera el ciclo hidrológico?	12
1.2 Cuencas.....	13
1.2.1 Partes de una cuenca hidrográfica	15
1.3 Usos del agua	17

CAPÍTULO SEGUNDO

Recursos Hídricos y principales usos del agua en Guatemala	19
2.1 Producción y distribución del agua	22
2.2 Principales usos del agua en Guatemala.....	23
2.3 Agua potable y saneamiento	24
2.4 Proceso de potabilización del agua	25

CAPÍTULO TERCERO

Características principales y calidad del agua en cuencas de los lagos de Guatemala	29
3.1 Aspectos generales de los lagos	32
3.2 Lago de Amatitlán	33
3.3 Lago de Atitlán	35
3.4 Lago de Izabal	37
3.5 Lago de Petén Itzá	38

CAPÍTULO CUARTO

Agua residual	41
4.1 El agua residual	44
4.1.1 ¿Qué tipos de aguas residuales podemos encontrar?.....	44
4.2 Tipos y efectos principales de los contaminantes del agua	45



4.2.1	¿Cuál es la clasificación de los contaminantes?	45
4.3	¿Cómo se mide el grado de contaminación de las aguas residuales?	45
4.4	¿Qué consecuencias generan las descargas de aguas residuales?	46
4.5	¿De qué depende el tratamiento de las aguas residuales?	46
4.6	¿Qué es una planta de tratamiento de aguas residuales?	46
4.6.1	¿Qué tipos de tratamiento se llevan a cabo en una planta de tratamiento de aguas residuales?	47

CAPÍTULO QUINTO

Análisis básico ambiental de los recursos hídricos	53	
5.1	Valoración del recurso hídrico	56
5.2	La relación bosque-agua	59
5.3	Impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos	60

CAPÍTULO SEXTO

Leyes ambientales de Guatemala	63	
6.1	Legislación Ambiental sobre el Recurso Hídrico	66
6.2	Instituciones a nivel local y nacional a cargo de la protección del ambiente acuático	67
6.3	Estudio de Caso “Construcción de un Proyecto Nacional de Ley de Aguas”	68

CAPÍTULO SÉPTIMO

Participación pública en la protección del ambiente acuático	71	
7.1	Aspectos generales de la participación pública	74
7.2	Género y juventud	75
7.3	Cosmovisión del agua	76
Referencias	79	





SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

En lo que respecta a la educación formal, el Currículo Nacional Base –CNB– propuesto para Ciclo Básico de Nivel Medio, entre otras cosas, sugiere coordinar el proceso didáctico con otras áreas curriculares que tengan puntos en común, para que los y las estudiantes comprendan su entorno social e interactúen responsablemente en la comunidad a la que pertenecen, basándose en principios y valores que fundamenten una actuación responsable en el proceso de transformación del medio natural, así como la práctica de actitudes de recuperación y conservación del equilibrio ecológico. Se incluyen los temas transversales de género, juventud y cosmovisión del agua.

En el caso de la educación no formal, se incluirán actividades que permitan establecer los recursos hídricos de su microcuenca, los problemas e impactos y cómo desarrollar estrategias integrales de solución.

Es importante el estudio del espacio inmediato como referente necesario, para que aprendan, exploren y reflexionen sobre los fenómenos que ocurren a su alrededor y para despertar su interés por el conocimiento de la naturaleza en íntima relación con los seres humanos. El manejo de conceptos como la secuencia, la cronología, la continuidad, el cambio y la causalidad son aspectos fundamentales.

Debe inducirse a preguntas o situaciones problemáticas a resolver, que fomenten la reflexión, la formu-

lación de opiniones personales y la explicación de ciertos fenómenos con las palabras de los estudiantes o participantes.

La motivación y la evaluación deben estar presentes durante todo el proceso de aprendizaje.

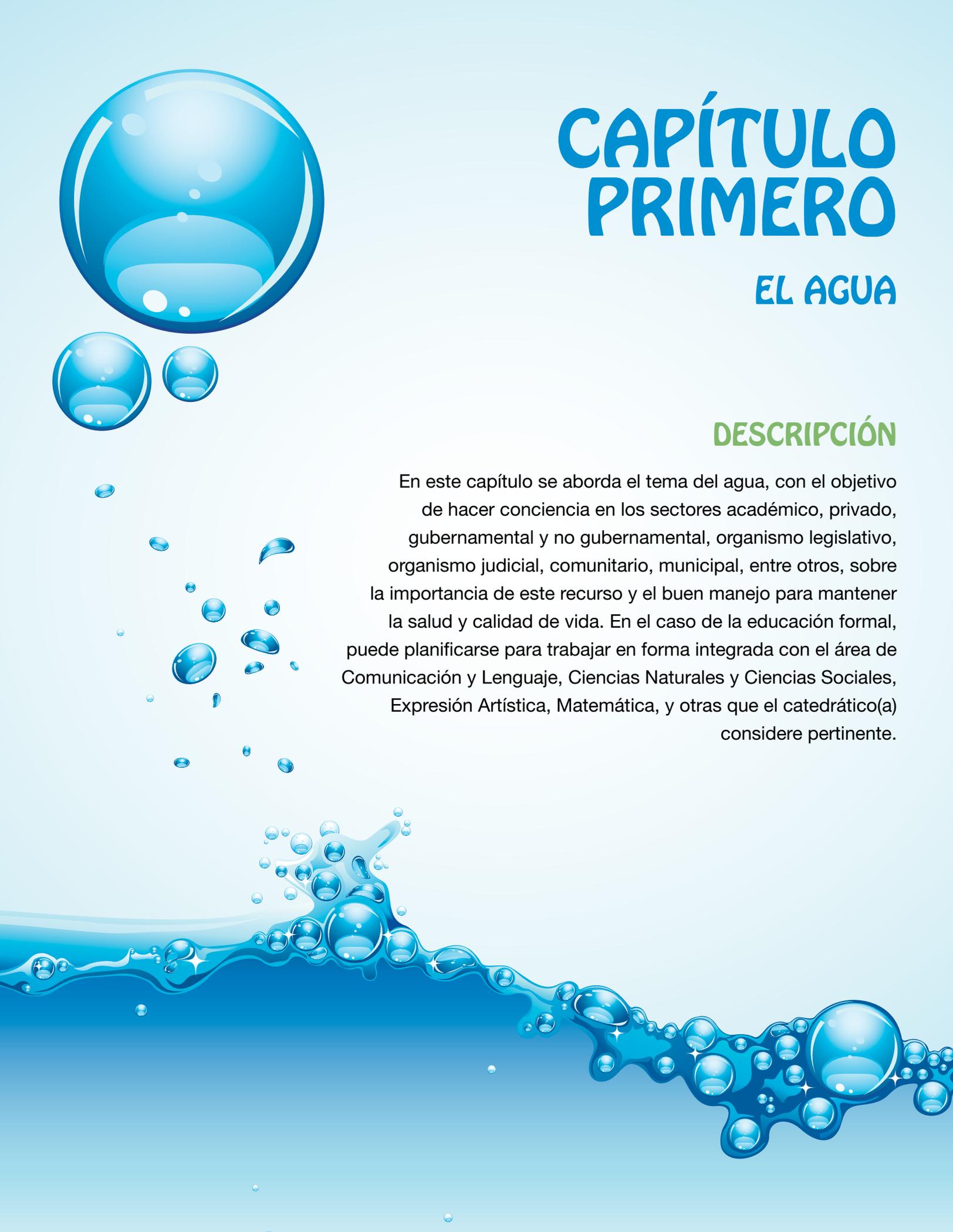
Las actividades de aprendizaje deben concretar cuatro momentos importantes: conocimientos previos, nuevos conocimientos, ejercitación de los mismos y la aplicación.

La evaluación diagnóstica es indispensable en el aprendizaje, los estudiantes/participantes aprenden mejor cuando se les recuerda: ¿qué es lo que han aprendido?, ¿por qué es importante? y ¿cómo está relacionado con lo que ya saben o han aprendido en otras clases o en situaciones de la vida real?

El trabajo en equipo y el aprendizaje cooperativo debe promoverse para socializar, crear destrezas y lograr las competencias en forma efectiva.

Debe fomentarse la práctica de observación e investigación para que descubran por sí mismos los hechos que se les presentan en el manual y aprendan a desarrollar sus habilidades de recopilar, organizar e interpretar información.

Motivarlos por medio de dramatizaciones, publicidad, anuncios, afiches e historietas, aplicando los nuevos conocimientos que hayan adquirido.

A large, vibrant blue water splash and bubble graphic that flows from the top left towards the bottom right of the page. It features numerous bubbles of various sizes, some with highlights, and a main splash at the bottom right. The background is a light blue gradient.

CAPÍTULO PRIMERO

EL AGUA

DESCRIPCIÓN

En este capítulo se aborda el tema del agua, con el objetivo de hacer conciencia en los sectores académico, privado, gubernamental y no gubernamental, organismo legislativo, organismo judicial, comunitario, municipal, entre otros, sobre la importancia de este recurso y el buen manejo para mantener la salud y calidad de vida. En el caso de la educación formal, puede planificarse para trabajar en forma integrada con el área de Comunicación y Lenguaje, Ciencias Naturales y Ciencias Sociales, Expresión Artística, Matemática, y otras que el catedrático(a) considere pertinente.



COMPETENCIAS

Argumenta con juicio crítico el tema del agua, definiendo su ciclo, importancia y los elementos que conforman una cuenca, además de los usos más importantes del agua, fortaleciendo sus conocimientos por medio de la investigación.

Promueve campañas relacionadas con el consumo y uso racional del agua, en la comunidad educativa, familia y comunidad, para mantener la calidad de vida.

INDICADORES DE LOGRO

- 1 Explica por medio de una dramatización el viaje que realiza una gota de agua en el ciclo hidrológico.
- 2 Practica técnicas y utiliza tecnología moderna en la búsqueda de información.
- 3 Promueve y participa en campañas relacionadas con el consumo y uso racional del recurso agua en su hogar, escuela y comunidad.
- 4 Identifica los principales factores que afectan el desarrollo normal del ciclo del agua.

CONTENIDOS

Procedimentales	Declarativos	Actitudinales
Explicación del agua, su ciclo, cuencas y uso del agua	1. El agua 1.1 Ciclo del agua 1.2 Las cuencas y su importancia 1.3 Usos del agua	Hábitos y responsabilidades en el cuidado del uso del agua y de los recursos naturales



SUGERENCIAS DIDÁCTICAS DEL CAPÍTULO I

ACTIVIDADES SUGERIDAS

Las actividades sugeridas para el desarrollo de la competencia, inducen a los y las estudiantes en la investigación y en la formulación de conclusiones como paso previo en la búsqueda de solución a problemas de la vida cotidiana.

- 1 Establecer relaciones democráticas para afrontar dificultades en el centro educativo.
- 2 Organizar a los estudiantes en equipos, para que obtengan la información necesaria que les permita enriquecer el tema y entender los problemas que se derivan del mismo.
- 3 Ejercitar la predicción, experimentación y registro de datos relacionados con las investigaciones y compartir con los compañeros(as) en el aula.
- 4 Calcular la cantidad de agua que consume diariamente durante una semana y compartirlo con sus compañeros.



1. El agua¹

El agua es uno de los elementos vitales para cualquier forma de vida en nuestro planeta. Los estudios acerca del agua han revelado que el 97% pertenece al mar y es salada, el 2% se encuentra en los polos, en forma de hielo, y solamente el 1% se considera agua aprovechable o agua dulce, presente en los ríos, lagos y corrientes subterráneas.

El agua puede ser considerada como un recurso renovable, cuando se controla cuidadosamente su uso. De lo contrario es un recurso no renovable, limitado por las cantidades que se mueven en el sistema natural; sin embargo, se ha considerado como inagotable, por lo que su uso ha generado acciones irresponsables. Es importante considerar que el agua es un recurso finito y no siempre dispondremos de ella. Su captación depende del régimen de lluvias de la región y del grado de desarrollo que permita métodos distintos de recolección, tratamiento y distribución para hacerla apta para el consumo humano. En nuestro país existe una diferencia en la forma de obtener el agua para el consumo en la ciudad y en algunas de las regiones rurales.

En el área rural del país se observa a la población infantil y a las mujeres recorrer grandes distancias para obtener agua de un río, un pozo o de un chorro comunal; esto nos demuestra las condiciones de desigualdad que existen en el país.

Aunque el agua está en movimiento constante, se almacena temporalmente en los océanos, lagos, ríos y arroyos que son fuentes superficiales y en el subsuelo, como fuentes subterráneas.



¹ Con algunas modificaciones del “Manual de Educación Ambiental Sobre el Recurso Hídrico en el Área Metropolitana”.



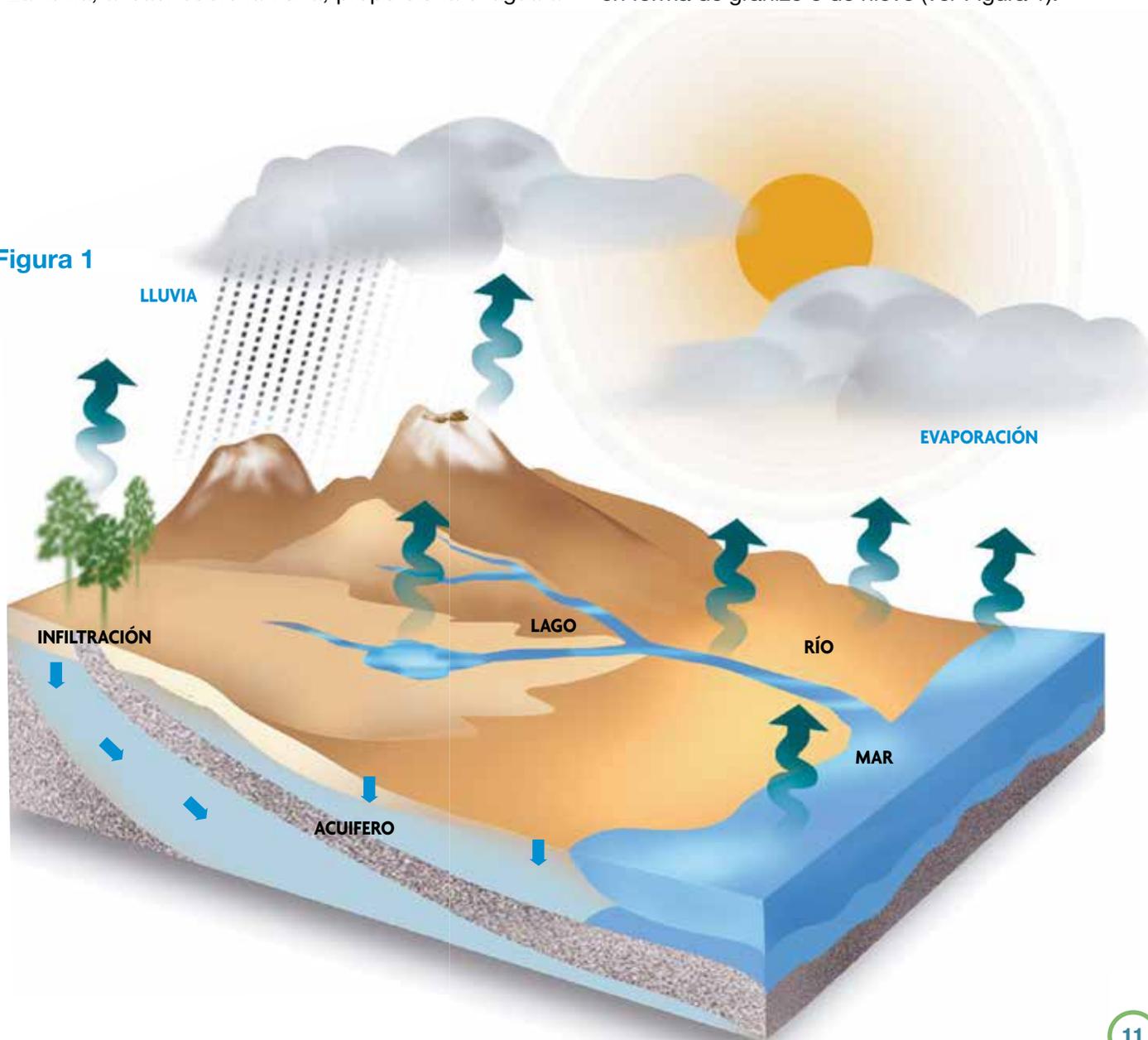
1.1 El ciclo del agua

El agua es un elemento de la naturaleza, que se encuentra en tres formas o estados: líquido, sólido y gaseoso. El estado líquido lo encontramos en los ríos, lagos, mares y lluvia. El estado sólido, en el hielo y la nieve. Y el estado gaseoso, en el vapor y las nubes.

El ciclo hidrológico es el recorrido que realiza el agua todo el tiempo, pasando por sus diferentes estados. La lluvia, al caer sobre la tierra, proporciona el agua a

los nacimientos y ríos, quienes al final de su recorrido alimentan a los lagos y mares. Todos los cuerpos de agua, por la acción del calor, se evaporan, es decir, se convierten en pequeñísimas gotas de agua que suben a la atmósfera. Estas, al reunirse, forman las nubes. Cuando estas se condensan, debido a cambios bruscos en la temperatura, el vapor se convierte nuevamente en agua, cayendo a la tierra en forma de lluvia, o bien en forma de granizo o de nieve (ver Figura 1).

Figura 1





1.1.1 ¿Por qué se altera el ciclo hidrológico?

Cuando se deforestan grandes extensiones de bosques, el ciclo normal del agua se modifica y en lugar de infiltración y recarga de las aguas freáticas, hay escurrimiento pluvial, el cual se da cuando las aguas al pasar por los terrenos erosionados no encuentran vegetación que la detenga y siguen su recorrido hacia los ríos de forma muy rápida, ocasionando inundaciones y contaminación de los cuerpos de agua, debido al arrastre de sedimentos y contaminantes de las superficies erosionadas.

1.2 Cuencas

Cuenca es una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto en común o fluye toda al mismo río, lago, o mar. En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos interrelacionados. A los límites de la cuenca se le conoce como “parteaguas”, el cual consiste en una línea imaginaria que une los puntos de mayor altura en el área delimitada entre dos laderas (ver Figura 2).

En una cuenca identificamos los siguientes elementos:

EL RÍO PRINCIPAL

El río principal actúa como el único colector de las aguas.

LOS AFLUENTES

Son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca.

Las obras construidas por el hombre, también denominadas intervenciones andrógenas, que se observan en la cuenca suelen ser viviendas, ciudades, campos de cultivo y vías de comunicación. Las intervenciones humanas causan desequilibrio en la cuenca y provocan desastres, ya que se sobreexplota la cuenca extrayendo recursos (madera), causando inundaciones en las partes bajas.

Las cuencas hidrográficas son sistemas interdependientes, en donde interactúan en el tiempo y en el espacio aspectos biológicos, físicos, productivos, sociales, económicos, culturales, políticos, legales, institucionales y tecnológicos.

La cuenca hidrográfica se subdivide en sub-cuenca, la que se define como una unidad de drenaje de menor superficie de una cuenca y que forma parte de esta, constituyendo un tributario de la misma.

La micro-cuenca es la mínima unidad territorial de drenaje dentro de una cuenca y tributaria de una sub-cuenca.



Cuenca de Atilán



Obras construidas por el hombre

Figura 2
Composición de una cuenca

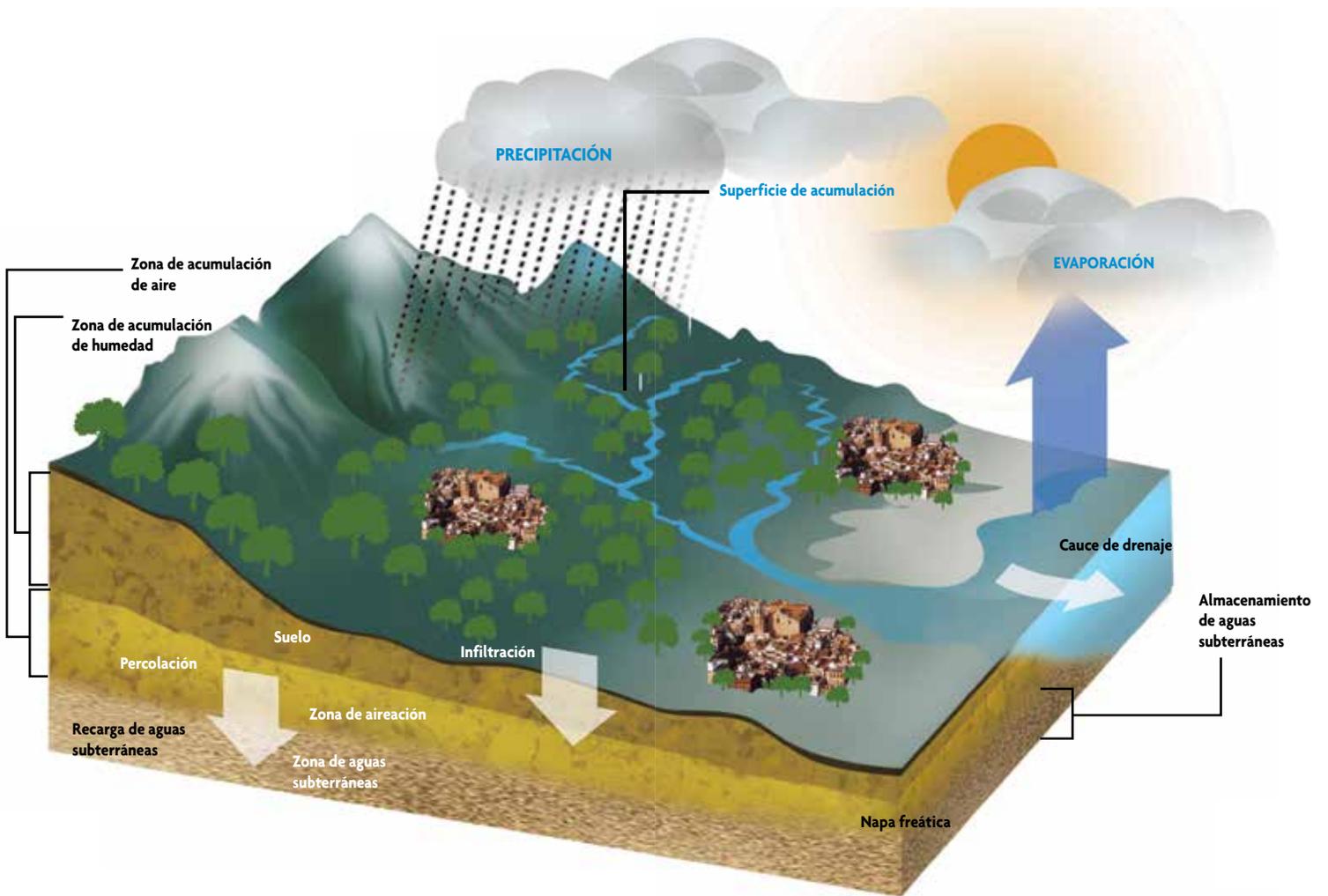
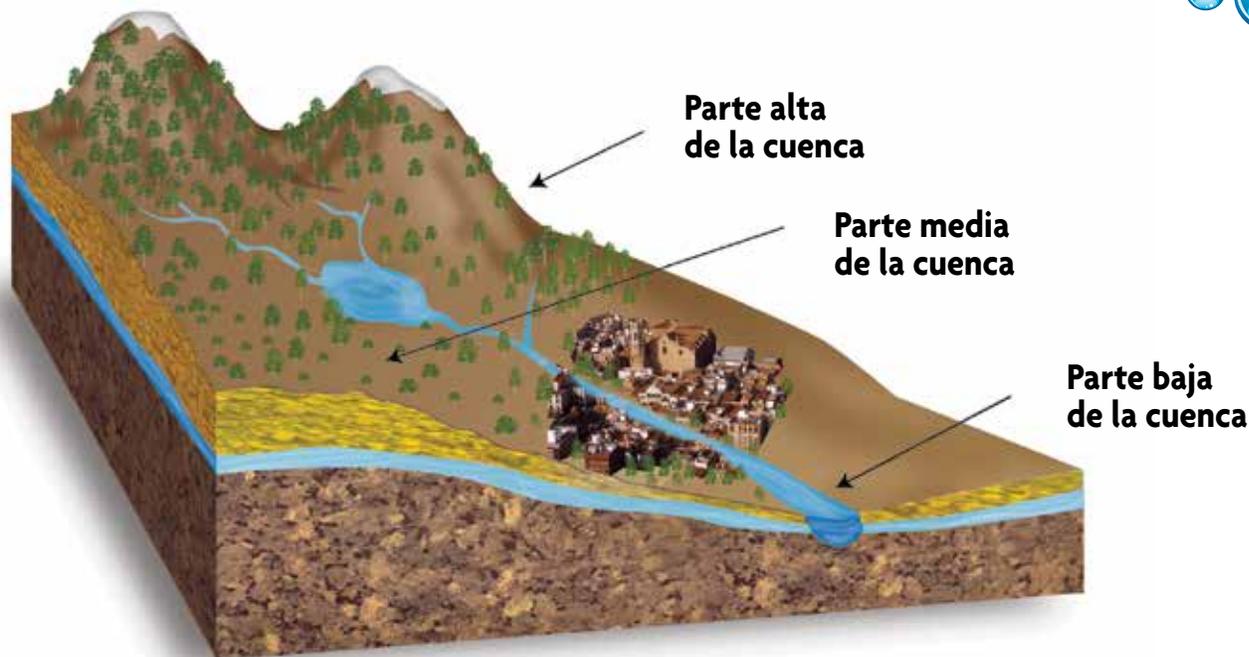


Figura 3



1.2.1 Partes de una cuenca hidrográfica

Todas las cuencas hidrográficas tienen tres zonas donde el impacto del agua es distinto: la parte alta, la parte media y la parte baja; estas mantienen una estrecha interacción.

La parte alta capta el agua de lluvia, la regula y suministra a otras partes de la cuenca. Todas las acciones que se realicen en esta parte tendrán repercusiones sobre el resto de la cuenca (ver Figura 3).

La parte media es donde se realizan las diversas actividades productivas, es la región donde se ejerce mayor presión hacia la parte alta de la cuenca; esta es una zona de transición o de amortiguamiento entre las acciones de la parte alta y los efectos que se evidencian en la parte baja de la cuenca.

La parte baja está generalmente cercana a las costas y en esta zona se ponen de manifiesto los impactos positivos o negativos de las acciones que se hacen en la parte alta y media de la cuenca.

En Guatemala las cuencas hidrográficas están ubicadas dentro de tres grandes vertientes, las cuales son: Pacífico, Atlántico o Caribe y Golfo de México, dentro de las cuales están ubicadas 38 cuencas, 194

cuerpos de agua continentales, divididos en 7 lagos, 49 lagunas, 109 lagunetas, 19 lagunas costeras, 3 lagunas temporales y 7 embalses distribuidos en 18 de los 22 departamentos del país y que abarcan una superficie de 1,067 km² (ver Mapas 1 y 2).

La vertiente del Pacífico está formada en la parte alta por los valles del altiplano central del país, que drenan a la misma vertiente y a las del Atlántico y del Golfo de México. Los cauces atraviesan la cadena volcánica y drenan finalmente en la planicie costera hasta llegar al Océano Pacífico. Aquí las cuencas son angostas, con fuerte pendiente en la parte media y con una pendiente muy suave en la baja.

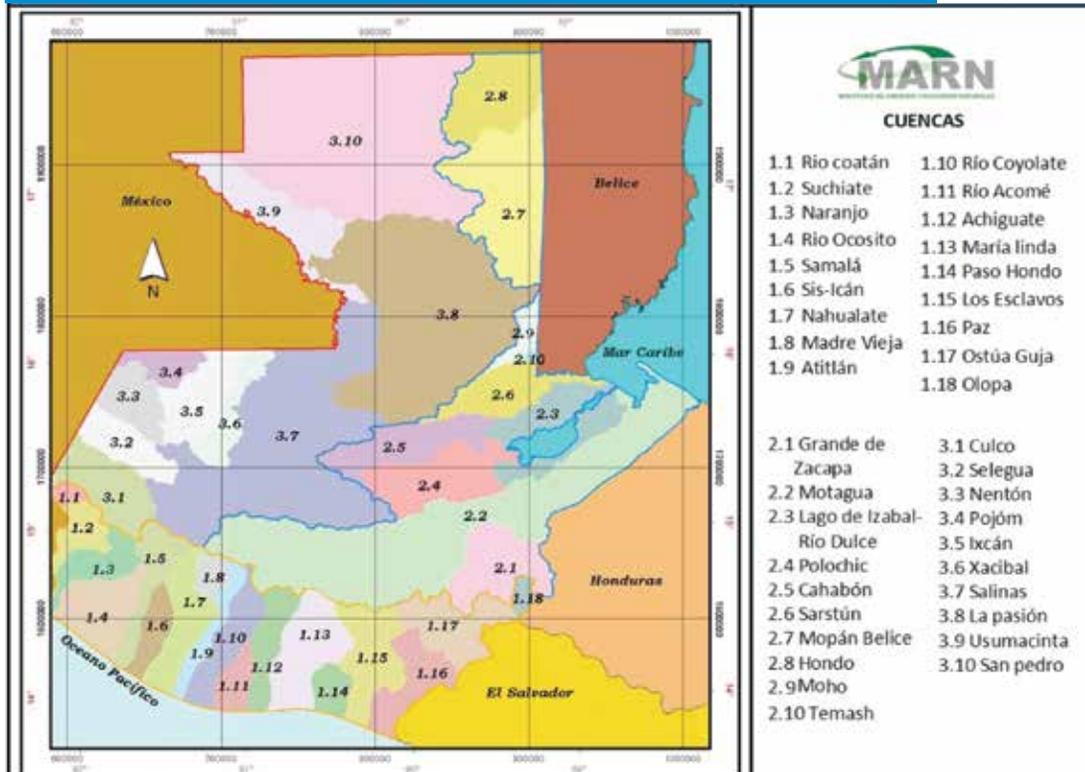
Las cuencas de la vertiente del Atlántico o del Mar Caribe están bien definidas, e incluyen los ríos con mayor longitud del territorio nacional. Debido a las condiciones orográficas esta vertiente se tiene como una de las zonas más secas del istmo centroamericano.

La vertiente más grande del país es la del Golfo de México y contiene cuencas que cruzan la frontera con México; son las cuencas más extensas y más caudalosas.

Mapa 1 Vertientes de Guatemala



Mapa 2 Cuencas hidrográficas de Guatemala



Fuente: MARN, 2011, modificado.

Las cuencas hidrográficas se utilizan como unidades para la planificación territorial y pueden subdividirse en áreas menores llamadas sub-cuencas y micro-cuencas; esta subdivisión se hace de acuerdo a los distintos afluentes que las conforman.

Debido a que las cuencas son utilizadas para planificación, es muy importante el buen manejo de la parte alta de la cuenca, porque al mantener una cobertura boscosa, esto ayudará a controlar la cantidad y estacionalidad del agua que escurre por los ríos y manantiales. Además, es muy importante el manejo de las tierras agrícolas para evitar la erosión especialmente las que están en áreas de ladera.

1.3 Usos del agua

El agua posee una infinidad de usos para el desarrollo de las actividades del ser humano; se utiliza en la producción de energía eléctrica, agricultura (riego), crianza de peces, industria, turismo, recreación, pesca, así como en el hogar. La calidad del agua está determinada por el uso que se le da. Sus características determinan si es adecuada o no para cada uso. Por ejemplo, el agua para riego debe tener baja cantidad de sales, el agua para consumo humano no debe poseer organismos infecciosos que causen enfermedades y aquella para la producción de energía eléctrica debe contener baja carga de sedimentos.

Los beneficios que el ser humano obtenga del agua serán mayores, si su calidad es mejor, es decir, cuanto más conserve sus condiciones originales y se encuentre menos alterada.

Los distintos usos del agua poseen una importancia económica, la cual depende de la eficiencia en la generación de bienes y servicios, de su papel en la producción, así como del mayor o menor ahorro que se realice al utilizarla en el hogar.

A nivel mundial el mayor uso del agua es para riego (agricultura), en segundo lugar, está la industria y en tercero el consumo humano. Los porcentajes varían de una región a otra, dependiendo de las lluvias y del grado de desarrollo.

En Guatemala los diferentes usos del agua se resumen en:

- Consumo humano (agua potable)
- Riego (agricultura)
- Industria
- Generación de energía
- Recreación
- Pesca

Como se puede observar en la gráfica 1, uno de los mayores sectores que consume el recurso hídrico en el país es el industrial, con un promedio aproximado en 5 años de 7,840 millones de metros cúbicos anuales. Seguidamente, el riego y la ganadería reportan el uso de 5,319 millones de metros cúbicos anuales y finalmente, el uso no consuntivo de la generación de hidroelectricidad consume 5,127 millones de metros cúbicos anuales.

Uso consuntivo es aquel en el que por características del proceso existen pérdidas volumétricas de agua, entre ellos se pueden mencionar: sector doméstico, uso agropecuario, industrias y otras actividades de transformación minera.

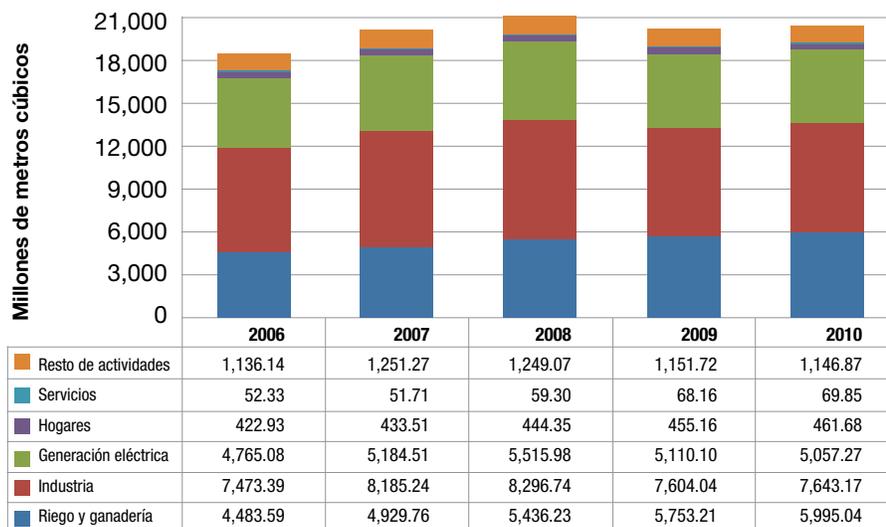
Uso no consuntivo es aquel en el que no existe pérdida de agua, ya que la cantidad que entra es la misma o aproximadamente la misma que termina con el proceso como, por ejemplo: el uso del agua para la generación de energía hidroeléctrica

Hay otros usos como la pesca, turismo, transporte acuático, a pesar de que no consume agua la necesita en gran cantidad y calidad.

El agua equivocadamente se usa como un receptor de desechos y este es el uso más nocivo, porque se reduce su calidad y la capacidad de disponibilidad.

La gráfica 1 nos muestra un resumen general del uso actual del recurso del agua en millones de metros cúbicos.

Gráfica 1 Consumo anual del agua (2006-2010)



Fuente: INE-Banguat / IARNA-URL. 2013

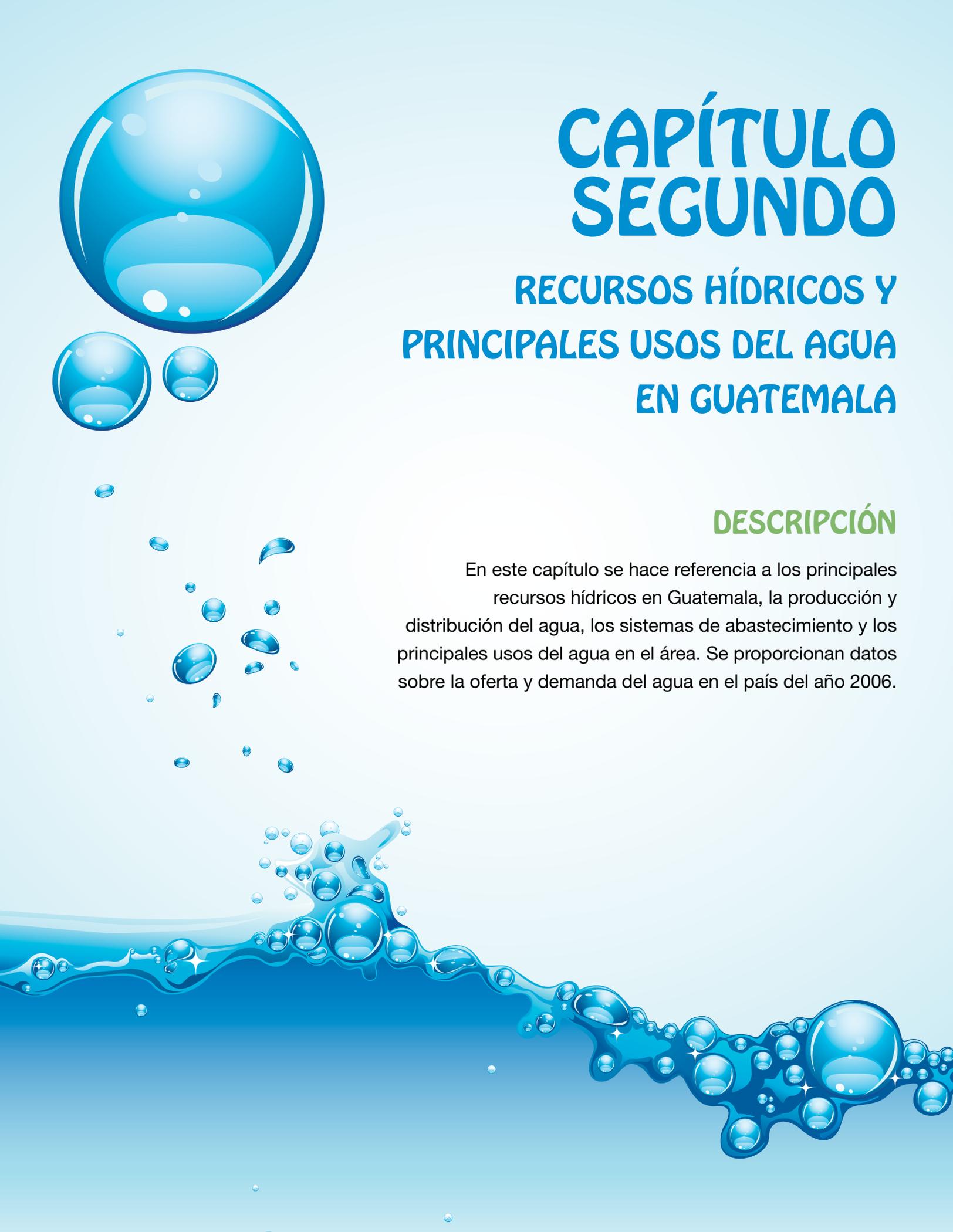
* Las hidroeléctricas se usan como referencia, pues no es un uso consuntivo

ACTIVIDAD: CONOCIENDO NUESTRA CUENCA

- Al inicio mostrar a las y los participantes una microcuenca, mediante una maqueta, dibujos, láminas o esquemas que ilustren el concepto y las características.
- Organizar a las y los participantes en equipos, para que preparen un mapa artesanal (con material didáctico) de la microcuenca en donde se identifiquen los siguientes elementos:
 - Río principal y sus tributarios
 - Límites
 - Comunidades
- Posteriormente, dar un período de tiempo para que discutan e identifiquen en el mapa artesanal los diferentes tipos de uso que se le da al agua y sus impactos negativos. La ubicación en el mapa de estos elementos permite reforzar el concepto de microcuenca.
- Antes de concluir el taller, cada grupo debe proponer posibles soluciones para la microcuenca y compartir con los compañeros(as).



Fuente: UICN, 2009

The page features a light blue background with various water-themed graphics. In the top left, there is a large, prominent blue bubble with a white highlight. Below it are two smaller bubbles. A vertical trail of small bubbles descends from the middle of the page. At the bottom, a large, dynamic splash of water with many bubbles and a white highlight extends across the width of the page.

CAPÍTULO SEGUNDO

RECURSOS HÍDRICOS Y PRINCIPALES USOS DEL AGUA EN GUATEMALA

DESCRIPCIÓN

En este capítulo se hace referencia a los principales recursos hídricos en Guatemala, la producción y distribución del agua, los sistemas de abastecimiento y los principales usos del agua en el área. Se proporcionan datos sobre la oferta y demanda del agua en el país del año 2006.



COMPETENCIAS

Identifica los principales recursos hídricos de Guatemala y su incidencia en las distintas actividades humanas, explicando los diferentes procesos.

INDICADORES DE LOGRO

- 1 Explica los procesos a los que es sometida el agua al entrar en una planta potabilizadora.
- 2 Establece relaciones entre funcionamiento de una industria y la cantidad de agua que demanda.
- 3 Utiliza e interpreta datos estadísticos sobre los distintos usos del agua en el país.
- 4 Construye un filtro de agua en clase.
- 5 Desarrolla un proyecto personal sobre el manejo del agua.

CONTENIDOS

Procedimentales	Declarativos	Actitudinales
Emisión de juicios críticos con respecto a los recursos hídricos.	Recursos Hídricos y principales usos del agua en Guatemala.	Manifiesta interés por construir un filtro de agua
Establecimiento de criterios comparativos relacionados a la producción y distribución del agua en el país.	2.1 Producción y distribución del agua a nivel nacional.	
Descripción de los beneficios del agua potable para los seres humanos.	2.2 Sistema de abastecimiento y distribución.	
Investigación de los usos del agua en Guatemala y las culturas del país.	2.3 Principales usos del agua del país.	
	2.4 Agua potable y saneamiento.	



SUGERENCIAS DIDÁCTICAS DEL CAPÍTULO II

ACTIVIDADES SUGERIDAS

Las actividades sugeridas para el desarrollo de la competencia, inducen a los y las estudiantes en la investigación y en la formulación de conclusiones como paso previo en la búsqueda de solución a problemas de la vida cotidiana.

1 Análisis de documentos de naturaleza diversa (discurso, extracto de un texto, organigrama, decreto, mapa, recibos municipales de agua). Los documentos son proporcionados a los y las estudiantes con el fin de trabajar en la comprensión de un tema específico. Por ejemplo: El funcionamiento de la empresa de agua u oficina de cobros del agua de su municipio.

2 Si se trabaja con el componente del uso de la información se puede: Clasificar los documentos por su naturaleza, si son fuentes primarias o secundarias; y en la identificación de puntos de vista contradictorios entre los diferentes documentos. En la comparación pueden incluirse elementos como su funcionamiento, su estructura, los límites, aspectos positivos y negativos. A continuación, se describen algunas actividades específicas:

- Realizar gráficas con los datos sobre la producción de agua en su municipio y la demanda, para luego analizarlos.
- Comparar distintos niveles de consumo entre las familias de los estudiantes/participantes, empleando los recibos por servicio de agua.
- Programar visitas a un sistema de abastecimiento y planta de tratamiento en la ciudad, para que los estudiantes observen y verifiquen los procesos que lleva la potabilización del agua y su distribución final.
- Elaborar un mapa conceptual sobre la relación de los usos del agua en su municipio y la cuenca.
- Que las y los estudiantes se autoevalúen de acuerdo a los indicadores de logro que deben haber alcanzado al finalizar el capítulo.



ECOSISTEMA

Es un sistema dinámico relativamente autónomo formado por una comunidad natural y su medio ambiente físico. Pueden describirse como ecosistemas zonas tan reducidas como un pequeño nacimiento de agua y tan extensas como un bosque completo.

2.1 Producción y distribución del agua

Guatemala cuenta con más 90,000 millones de m³ de agua. Dentro de los usos que en muchos casos no se mencionan está el caudal ecológico, que es la cantidad de agua que debe estar disponible para las funciones del ecosistema (incluye área de reproducción y desarrollo de peces, insectos y plantas acuáticas, entre otras). En nuestro país se ha establecido 23,347 millones de m³, lo cual nos deja un caudal neto/real disponible de aproximadamente 70,000 millones de m³. Si sumamos los usos más importantes en Guatemala podemos ver que tenemos una demanda de alrededor de 7,000 millones de m³. Aparentemente usamos solo el 10%, que podría darnos tranquilidad respecto a la disponibilidad del recurso. Sin embargo, existen dos problemas a nivel nacional:

1. Existe suficiente agua, pero no está ubicada en donde la necesitamos. Un ejemplo de esto es la Reserva de la Biosfera de la Sierra de las Minas que administra Defensores de la Naturaleza, y

cuenta con cantidad y calidad de agua (más de 4000 milímetros de lluvia anuales). Sin embargo, esta se descarga en su totalidad al río Motagua que desfoga en el mar. Parte de esta área protegida se localiza al lado de la carretera CA-09 Ruta al Atlántico. Del otro lado se encuentran los municipios de Jocotán y Camotán, del departamento de Chiquimula, en el corredor seco, donde la lluvia es escasa (400 – 500 milímetros de lluvia anuales en algunas áreas) y su población presenta altos índices de pobreza (84% y 89% respectivamente).

2. La contaminación, que de acuerdo al balance hídrico de IARNA, representa más de 37,000 millones de m³ de aguas residuales.

En conclusión, el potencial real del recurso hídrico disponible sin las aguas contaminadas es del 53% (ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Balance Hídrico Nacional

Balance hídrico	Volumen anual (millones de metros cúbicos)	
	2000	2005
Oferta bruta superficial	55,679	53,365
Oferta bruta subterránea	29,312	40,024
Oferta bruta total	84,991	93,388
Caudal ecológico	21,248	23,347
Reducción por contaminación	33,996	37,355
Caudal neto disponible	29,747	32,686
Usos del agua		
Doméstico	284	326
Riego	2,200	1,886
Industria	850	929
Hidroeléctricas	2,883	4,511
Excedente	23,530	25,034

Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala IARNA, 2006

2.2 Principales usos del agua en Guatemala

Los datos presentados en el Cuadro 2 muestran que entre 2007 y 2010 se habrían destinado más de 20 mil millones de metros cúbicos al año para usos consuntivos y no consuntivos. De los aproximadamente 20,000 millones de m³ utilizados en 2010, alrededor de 7,000 millones fueron empleados por la industria, incluyendo la agroindustria, lo que representó el 37.5% del agua utilizada. Las actividades agropecuarias y silviculturales demandaron el 31.9% de los recursos hídricos utilizados en el país, es decir más de 6,000 millones de m³. Otro usuario importante es la generación de energía eléctrica con base al movimiento hidráulico (si bien este es un uso no-consuntivo), la cual se estimó que utilizó poco más de 5 mil millones de m³, lo que representó

el 24.82% del total empleado. Los hogares, por su parte, habrían utilizado 461.68 millones de m³ (2.3%); el resto de actividades participó con el 3.5% del total de la utilización para el 2010.

Cuadro 2. Utilización de agua en Guatemala por grandes grupos de actividades económicas y de consumos (millones de m³) período 2006-2010

Actividades económicas y de consumo	Año				
	2006	2007	2008	2009	2010
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	5,042.00	5,490.10	6,003.62	6,252.08	6,496.56
Pesca	427.06	535.24	527.52	511.90	514.62
Explotación de minas y canteras	6.13	6.93	6.22	6.34	6.19
Industrias manufactureras (incluye agroindustria)	7,473.39	8,185.24	8,296.74	7,604.04	7,643.17
Suministro de electricidad, gas y agua	4,765.13	5,184.56	5,516.04	5,110.16	5,057.33
Construcción	93.17	104.36	102.94	87.29	76.26
Comercio al por mayor y menor	51.33	44.36	44.94	47.27	48.22
Servicios	52.33	51.71	59.30	68.16	69.85
Hogares	422.93	433.51	444.35	455.45	461.68
Total	18,333.48	20,036.00	21,001.66	20,142.69	20,373.88

Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala IARNA, 2012

2.3 Agua potable y saneamiento

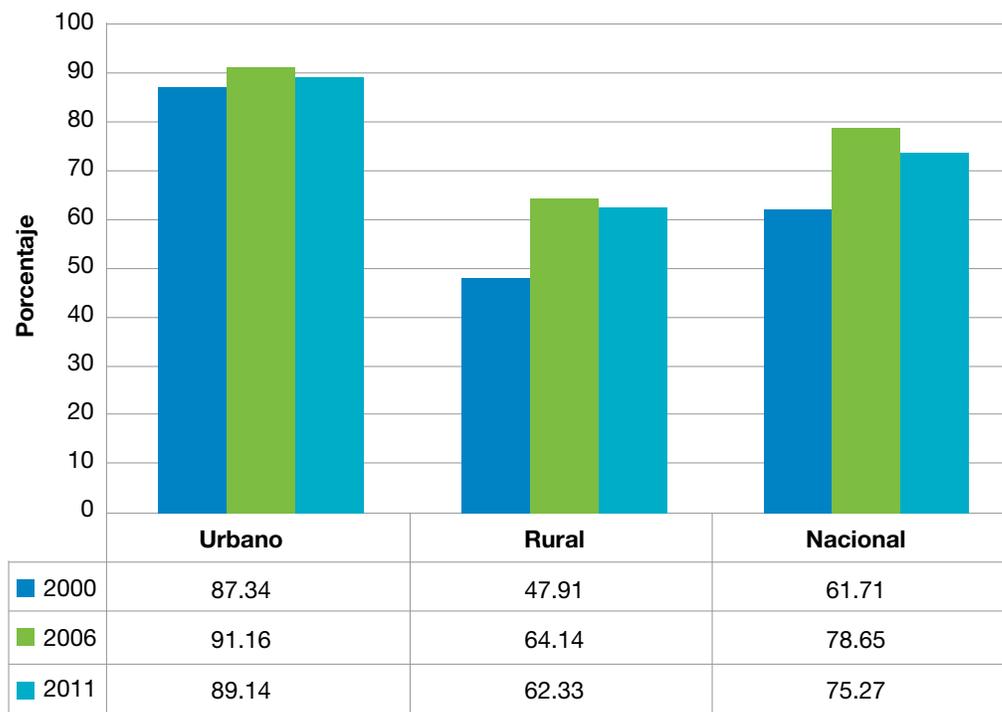
En nuestro país cerca de la mitad de la población no tiene servicio de agua en su vivienda. De la otra mitad, más del 60% no aplica ningún tratamiento al agua para beber. Otro dato relevante es que más de 200,000 personas murieron de 2000 a 2007 por problemas digestivos relacionados con la contaminación del agua.

En la Gráfica 2 se puede observar la disponibilidad de agua entubada en las viviendas durante los últimos 10 años. La información incluye aquellas que tienen acceso a ciertos servicios, como, por ejemplo: una red (tubería) dentro de la vivienda; una red (tubería) fuera de la vivienda, pero dentro del terreno; o un chorro público. Asimismo, se observó que, si bien existió una

mejora significativa entre el 2000 y 2006 –particularmente en el área rural–, esa tendencia no se mantuvo en los últimos cinco años. La cobertura a nivel nacional se incrementó de 61.71% de los hogares en 2000 a 78.65%, en 2006, pero disminuyó a 75.27%, en 2011.

En Guatemala no siempre el agua entubada significa que sea potable. De los 18,800 sistemas de suministro de agua muestreados por el Programa de Vigilancia del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en 2008, más del 50% no contenía niveles adecuados de cloro, y más de una cuarta parte presentó contaminación bacteriológica.

Gráfica 2. Cobertura del servicio de agua potable a nivel nacional, área urbana y área rural. Años 2000, 2006 y 2011

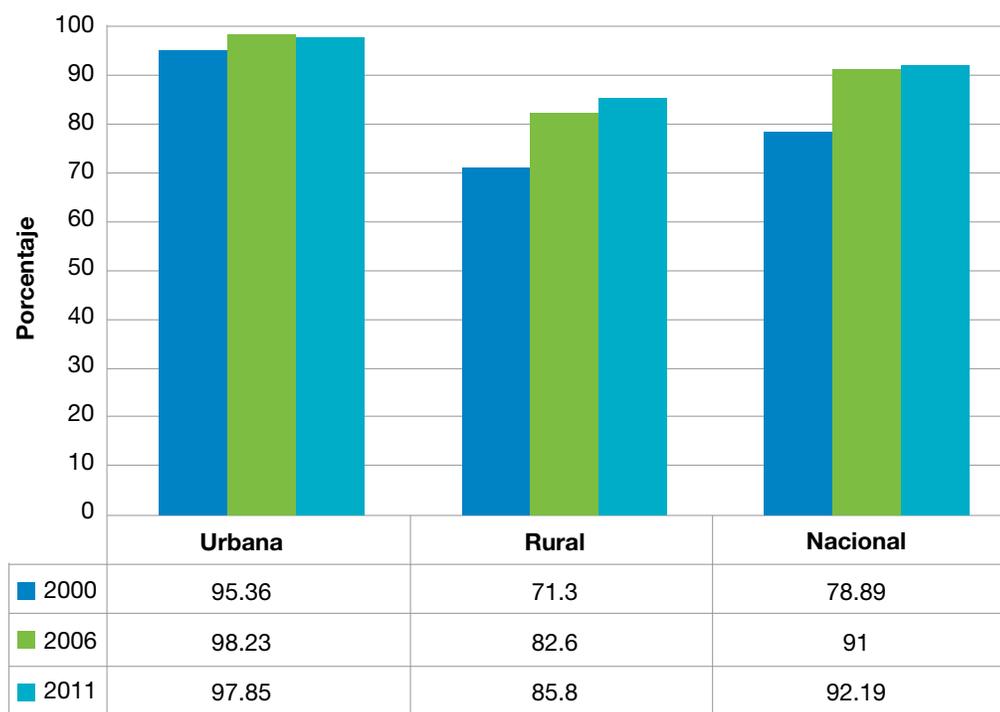


Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala IARNA, 2012

La Gráfica 3 presenta la evolución en cuanto a la cobertura de servicios de saneamiento. Los datos incluyen cualquier sistema que los hogares posean para la disposición de excretas: inodoro conectado a red de drenajes; inodoro conectado a fosa séptica;

excusado lavable y letrina o pozo ciego. En este caso, la cobertura a nivel nacional fue permanente, aunque ocurrió un pequeño retroceso en el área urbana y una leve mejora en el área rural.

Gráfica 3. Cobertura del servicio de saneamiento a nivel nacional, área urbana y área rural. Años 2000, 2006 y 2011



Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala IARNA, 2012

2.4 Proceso de potabilización del agua

Llamamos agua potable al agua que podemos consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud.

Para que el agua sea adecuada para el consumo humano es necesario tratarla; este proceso se realiza en las plantas potabilizadoras (ver Diagrama 1).

Existen diferentes métodos y tecnologías de potabilización. A continuación se describen las etapas más utilizadas en la mayoría de tecnologías:

- **PRE-CLORACIÓN Y FLOCULACIÓN.** Después de un filtrado inicial para retirar los fragmentos sólidos de gran tamaño, se añade cloro (para eliminar los microorganismos del agua) y otros productos químicos para favorecer que las partículas sólidas precipiten formando copos (flóculos).
- **DECANTACIÓN O SEDIMENTACIÓN.** En esta fase se eliminan los flóculos y otras partículas presentes en el agua.
- **FILTRACIÓN.** Se hace pasar el agua por sucesivos filtros para eliminar la turbidez, la arena y otras partículas que aún pudieran quedar.
- **CLORACIÓN Y DISTRIBUCIÓN A LA RED.** Para eliminar los microorganismos más resistentes y para la desinfección de las tuberías de la red de distribución o red de abastecimiento.

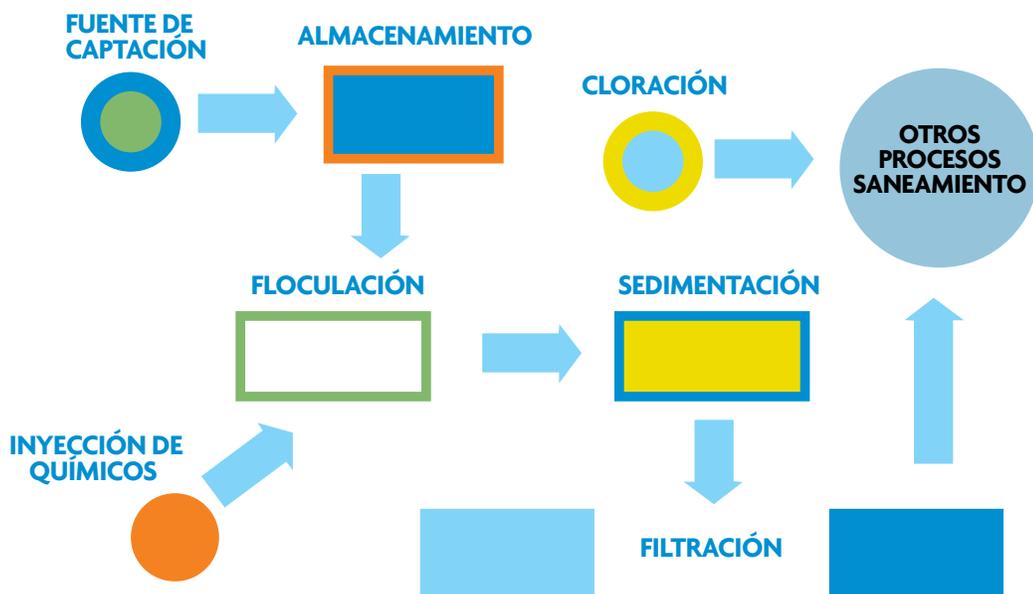
Turbidez

Es la presencia de sólidos en el agua que impide el paso de la luz a través de ella.

Flóculos

Son partículas de gran tamaño que se forman al agregar al agua una sustancia química.

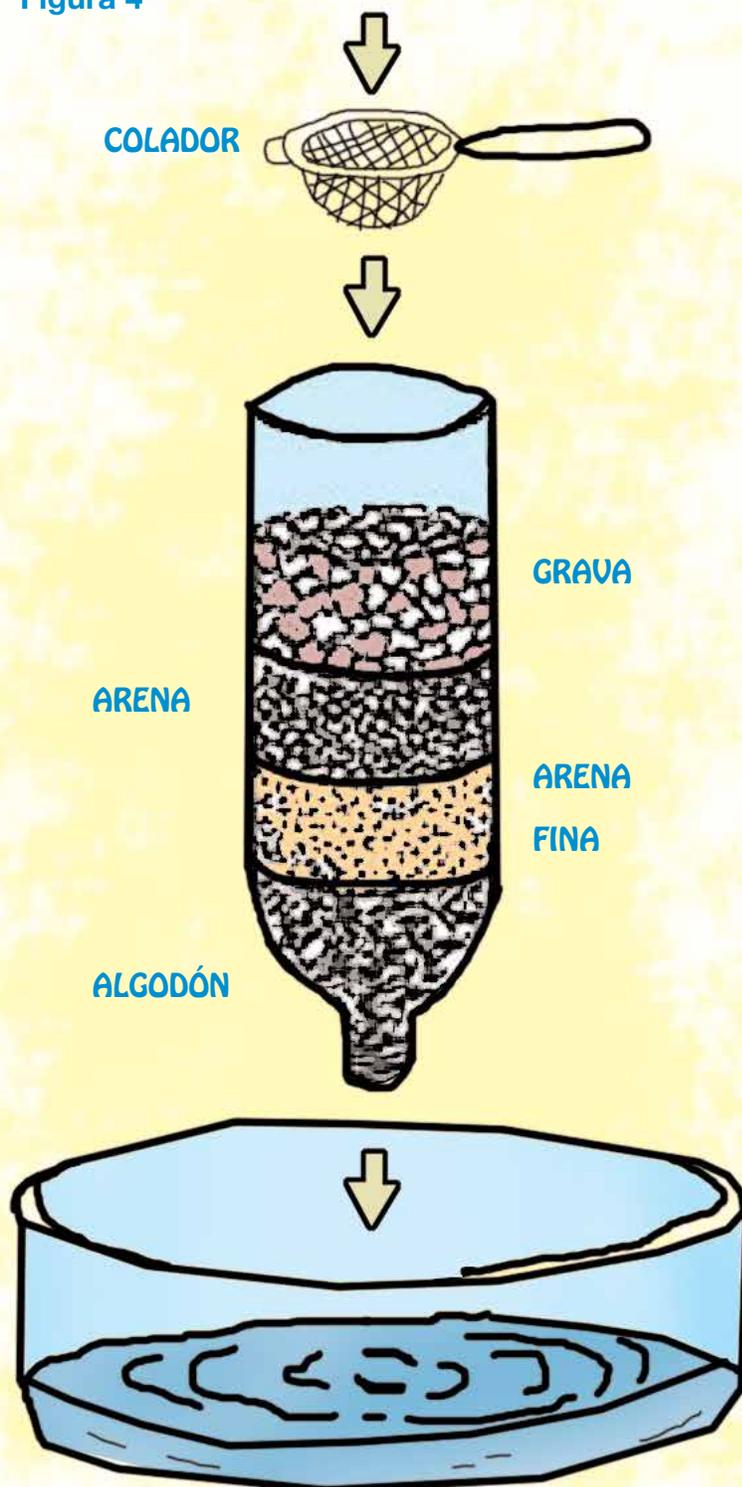
DIAGRAMA 1. ESQUEMA DE UNA PLANTA POTABILIZADORA



ACTIVIDAD: CONSTRUCCIÓN DE UN FILTRO DE AGUA

1. Toma un recipiente de plástico transparente (botella cortada por la parte inferior) (ver Figura 4).
2. Rellena el interior con capas de algodón, arena fina, arena gruesa y grava, tal como se aprecia en la imagen. Coloca el “experimento” en la posición adecuada y sitúa un recipiente bajo la boca de la botella.
3. Toma un recipiente con agua, échale un poco de tierra, polvo de tiza, una cucharadita de cemento o yeso, arena, fibras, restos vegetales, entre otros; y luego mézclalas; se trata de representar las aguas residuales.
4. Sobre un recipiente, sitúa el colador y haz pasar la mezcla a través de él. Obtendrás la primera separación de sustancias contaminantes, las más voluminosas quedarán en el colador.
5. Toma el recipiente y echa su contenido, poco a poco, sobre el filtro construido. Observarás cómo los fragmentos que lograron pasar por el colador, van depositándose en las diferentes capas que forman el filtro. El agua resultante pasará al recipiente inferior.
6. Deja reposar el agua resultante durante un día. Al día siguiente comprobarás que en el fondo del recipiente se ha depositado una fina capa de limos, mientras que el agua está menos turbia que el día anterior.

Figura 4



The page features a light blue background with various water-themed illustrations. On the left side, there is a large, prominent blue bubble with a white highlight, and below it, two smaller blue bubbles. Further down, a cluster of small, scattered blue droplets and bubbles is visible. At the bottom of the page, a dynamic splash of water is depicted, with numerous bubbles of varying sizes and a large, central bubble that has a bright white highlight, suggesting a reflection or light source. The overall aesthetic is clean and fresh, emphasizing water quality.

CAPÍTULO TERCERO

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES Y CALIDAD DE AGUA EN CUENCAS DE LOS LAGOS DE GUATEMALA

DESCRIPCIÓN

En este capítulo se describen las características principales, algunos indicadores de calidad de aguas y las fuentes de contaminación de las cuencas de los 4 lagos de Guatemala.



COMPETENCIA

Identifica los 4 lagos de Guatemala, las fuentes de contaminación y efectos en la vida humana, así como el impacto de los fenómenos geológicos y atmosféricos que provocan asolvamiento y eutrofización.

INDICADORES DE LOGRO

- 1 Determina factores que caracterizan los diferentes lagos en estudio.
- 2 Argumenta sobre el proceso de eutrofización que sufren los lagos en Guatemala y su importancia a nivel regional.
- 3 Interpreta datos estadísticos y elabora gráficas sobre los niveles de contaminación de los cuerpos de agua en el área metropolitana.
- 4 Adapta un arreglo musical moderno a la letra de la canción del agua y la socializa en su centro educativo.

CONTENIDOS

Procedimentales	Declarativos	Actitudinales
<p>Clasifica los lagos según su origen.</p> <p>Argumenta los procesos de eutrofización de los diferentes lagos.</p> <p>Interpreta datos estadísticos de los niveles de contaminación en lagos.</p>	<p>Calidad de los lagos en Guatemala.</p> <p>3.1 Las actividades humanas y la sucesión de los lagos.</p> <p>3.2 Los lagos como fuente de reserva de agua.</p> <p>3.3 Fuentes de contaminación en lagos kársticos.</p>	<p>Participa en todas las actividades responsablemente.</p>



SUGERENCIAS DIDÁCTICAS DEL CAPÍTULO III

Conozco el pasado, comprendo el presente y mejoro el futuro

Con esta actividad se propicia que la oportunidad para que el y la estudiante promueva el protagonismo y la participación para enfrentar y buscar soluciones a los problemas de emergencia de su entorno natural.

Para iniciar la actividad se recomienda organizar a los estudiantes en círculo, para que todos participen y se involucren en la actividad. Se forman grupos y se plantean problemas relacionados con el tema.

Enseñar a pensar es un reto emocionante, tanto el pensamiento crítico como el creativo son muy importantes y pueden desarrollarse a través de la educación ambiental. En este sentido todo lo relacionado con el uso y cuidado del recurso del agua y sus implicaciones ambientales serán fundamentales para el proceso enseñanza-aprendizaje.

Se les debe dar a las y los estudiantes la oportunidad de discutir actitudes, valores y creencias.

ACTIVIDADES SUGERIDAS

Las actividades sugeridas para el desarrollo de la competencia, inducen a los y las estudiantes en la investigación y en la formulación de conclusiones como paso previo en la búsqueda de solución a problemas de la vida cotidiana.

- 1 Forma equipos al azar y distribuye las actividades sugeridas para que todos puedan participar activamente de ellas. Compartir la experiencia con los demás al finalizar el tiempo estipulado para ello.
- 2 Brindar a las y los estudiantes la oportunidad de discutir actitudes, valores y creencias. Esta es la etapa donde los estudiantes empiezan a encontrar un balance entre las limitaciones sociales y la autodeterminación. Es un buen momento para que evalúen sus propios estilos de vida en relación al uso y manejo del agua.
- 3 Premiar la conducta ambiental responsable dentro del establecimiento educativo. Permite que en grupo decidan cómo abordar el presente capítulo, ya sea a través de lecturas seleccionadas en grupos, o llevar fichas de los datos que más llamaron su atención para luego socializarlos.
- 4 Incentivar a las y los estudiantes para realizar un arreglo especial en cualquier género musical (salsa, rap, pop, rock, y otros), para concursar, de tal forma que el mejor arreglo musical sea premiado.



CANCIÓN DEL AGUA

El agua es un líquido Vital, si...
Que debes de cuidarla como tal,
cuando más la gastes,
entre más la desperdicias
estás contribuyendo a que en el mundo haya sequía
y estarás sin agua toda la noche y todo el día.
Es importante que aprendas a cuidar el agua.
Nosotros somos H₂O, ohhhh
los agentes encargados de formarla
y estamos aquí para enseñarte cómo usarla
y a donde quiera que vayas, enséñales a otros niños
a que no hay que desperdiciarla.
El agua es salud, si...eehe
Cada vez que en tu casa abras el chorro... ¿Qué?
No olvides darle al agua mucho ahorro, ahhhh...
Al cepillarte y bañarte
y cuando laves tu carrito
tendrás que ser consciente
de gastar lo suficiente.
Y tendrás mucha agua, todos los días
y todo el año.
Hay muchos que no tienen agua,
por eso cuídala
nosotros somos H₂O.

Fuente: EMPAGUA

- 5 Realizar una visita al lago o laguna más cercano del municipio y determinar la importancia del mismo a nivel departamental y qué actividades se llevan a cabo para su rescate, por el grado de eutrofización que sufre.
- 6 Describir los factores bióticos y abióticos que encuentre en un sistema acuático léntico.
- 7 Elaborar gráficas sobre los niveles de contaminación en los principales lagos del país.

3.1 Aspectos generales de los lagos

Los lagos son sistemas lénticos que son abastecidos por agua de lluvia, afluentes (ríos que se conectan con el cuerpo de agua) y en algunos casos agua subterránea. El origen puede ser diverso:

- Conos volcánicos ya no activos.
- Pueden ser resultado de la erosión que forman espacios en las cuencas y represan el agua.
- Fuerzas tectónicas recientes de una cadena de montañas que crea depresiones acumulando agua.
- Avance y retroceso de glaciares.
- Otros.

Cuando los lagos nacen tienen una condición de transparencia sin nutrientes y con pocos organismos vivos. A este estado se le llama oligotrófico. Sin embargo, con el pasar del tiempo, los ríos y los terrenos en las mismas cuencas van trasladando diferentes elementos químicos al agua. Cuando un cuerpo hídrico empieza a recibir nutrientes como el fósforo, nitrógeno y diferentes minerales disueltos, inicia el crecimiento de microalgas, insectos y peces, todo parte de una cadena trófica. Con el correr del tiempo van ingresando al sistema léntico más sedimentos (arenas, suelo barrido por la lluvia, entre otros) más nutrientes y su condición se va haciendo eutrófica, propiciando un desarrollo masivo de los consumidores primarios de estos nutrientes; fitoplancton, zooplancton y plantas superiores. Estas poblaciones acaban superando la capacidad del ecosistema acuático. El próximo paso es la reducción de la cantidad de agua y se va formando un pantano. Al final después de varios años el último fin es un bosque. A todo este proceso se le llama sucesión y se da naturalmente en cientos o miles de años.

El problema serio es que la eutrofización de los lagos en el país se ha transformado en un proceso acelerado de extinción, provocado por la intervención humana en decenas de años a través de la contaminación.

En las cuencas pueden existir dos fuentes de contaminación: puntuales y difusas. Las puntuales son más fáciles de controlar y se refieren a las descargas industriales y domiciliarias; las difusas son las que se originan en los campos agrícolas, ganaderos o puntos indefinidos que hacen complejo su evaluación y tratamiento.

Entre las actividades más relevantes que afectan la calidad de las aguas se encuentran:

- El avance de la frontera agrícola y urbana, que ocasiona deforestación y erosión.
- Problemas de migración inter-departamental y municipal, generan una mayor demanda de servicios. El alto consumo de agua causa la producción de grandes cantidades de aguas residuales de origen doméstico, industrial y agrícola que irresponsablemente se descargan sin ningún tipo de tratamiento.
- Mala disposición de los residuos sólidos. Un ejemplo de ello lo constituye la disposición directa al río, la cual provoca daños a la salud y afecta la biodiversidad.

Los cuatro lagos más importantes del país (Amatitlán, Atitlán, Izabal-Río Dulce y Petén Itzá) están revelando una contaminación preocupante. Algunos datos de origen, características y de la situación de esos cuerpos de agua se describen a continuación:

3.2 Lago de Amatitlán

El lago de Amatitlán es el cuarto cuerpo de agua dulce más grande de Guatemala, localizado cerca del sur de la ciudad. Sin embargo, está siendo altamente contaminado por las descargas del área metropolitana. Con el fin de contrarrestar y detener este deterioro, así como descontaminar el ecosistema dañado, mediante Decreto 64-96 del

Sistemas lénticos

Se les llaman a los cuerpos de aguas donde el agua no corre, sino que queda retenida.

Sistemas lóticos

Se les llaman a los cuerpos de aguas donde el agua corre constantemente.

Eutrofización

Es el enriquecimiento en nutrientes (fósforo y nitrógeno) de un ecosistema, ocasionando la degradación del mismo, caracterizado por el aumento de la producción de algas y de otros vegetales.

Vertedero clandestino

Genera focos insalubres y de contaminación ambiental (ejemplo: botaderos de basura a cielo abierto no autorizados)

Congreso de la República, se establece la Ley de Creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán –AMSA–. Su finalidad es ordenar el uso de los recursos y fortalecer las acciones de protección y rescate del lago, que permitan a la población vivir en un medio ambiente saludable.



Es importante resaltar que el 33% de agua potable que surte la Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala –EMPAGUA– proviene de la Cuenca del Lago de Amatitlán.

En el Cuadro 3 se pueden conocer las características generales del lago, sus fuentes y efectos de la contaminación.

Cuadro 3. Características generales e impactos ambientales del Lago de Amatitlán

Origen (Castañeda, 1995)	Datos característicos relevantes promedio	Problemas ambientales vinculados con la contaminación	Efectos de los problemas vinculados con la contaminación
Tectónico – Volcánico	<p>Superficie de la cuenca = 381 km²</p> <p>Superficie de lago = 15 km²</p> <p>Profundidad promedio = 18 m.</p> <p>Densidad poblacional = 4,000 hab/km</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El acelerado y desordenado crecimiento urbano ha afectado al recurso hídrico: <ul style="list-style-type: none"> ▫ Superficial (con una grave y continua contaminación); ▫ Subterráneo (minimizando las zonas de recarga hídrica y contaminando los mantos freáticos); ▫ Al recurso suelo y ha minimizado la cobertura boscosa. • Sólidos provenientes del movimiento de tierra por construcción de infraestructura y explotación minera (areneras). • Disposición en vertederos clandestinos y en ríos de desechos sólidos, generados por el millón y medio de personas que allí habitan. • Descargas de aguas residuales industriales. El 25% de la industria del país (1,500 empresas contaminantes) se asienta en la cuenca. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Cuerpo de agua eutrofizado por descargas de nutrientes provenientes de aguas residuales municipales e industriales. 2) Peces con presencia de metales pesados en tejidos, que representan un peligro para el consumo humano. 3) Residuos sólidos flotantes en el espejo de agua (se confinan y recolectan 165 m/día). 4) Alta concentración de coliformes fecales que afecta la salud humana y la fauna acuática.

Fuente: Diagnóstico: Castañeda, 2005; MARN, 2011.

Contaminación por descarga de aguas residuales

Para evaluar la condición, respecto a la calidad de agua de un lago se usan varios indicadores. Uno importante es el fósforo como nutriente y la clorofila que determinan el crecimiento desmedido de microalgas, que compiten con otros organismos por oxígeno y deterioran la calidad de agua. El lago de Amatitlán recibe al menos unas 500 mil toneladas de sedimentos al año, lo que produce un constante y permanente in-

cremento en los niveles de fósforo total, que favorece el desarrollo de cianobacterias (algas verde-azules, *Microcystis* sp.). La transparencia nos ayuda también a observar el nivel de luz que permite el desarrollo normal de los productores primarios y del resto de las especies. Como se puede ver en el cuadro 4, los valores de estos 3 parámetros, muestran que este es un lago eutrófico.

Cuadro 4. Valores de calidad de aguas del lago de Amatitlán comparados con los de un lago oligotrófico con abundante vida acuática.

Parámetro	Dimensionales	Valores promedio del lago	Valores de Lago sin contaminación
Clorofila	Microgramos por litro	25.5	1.7
Fósforo	Microgramos por litro	540	8
Transparencia	Metros	1.03	10

Fuente: Ramírez, A., 2010 en Perfil Ambiental de Guatemala IARNA, 2012

Un dato relevante

En el 2009, las siete plantas de tratamiento que administra AMSA recibieron 32 millones de m³ de aguas residuales.

3.3 Lago de Atitlán

El lago de Atitlán es el tercer destino turístico del país, después de la ciudad de Guatemala y Antigua Guatemala y se estima que genera ingresos por US\$200 millones al año. Con el fin de contrarrestar y detener este deterioro, así como descontaminar el ecosistema dañado, mediante el Decreto 133-96 del Congreso de la República, se establece la Ley de Creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable del Lago de Atitlán y su entorno –AMSCLAE–. Su finalidad es ordenar el uso de los recursos y fortalecer las acciones de protección y rescate del lago, que permitan a la población vivir en un medio ambiente saludable.

Es importante resaltar que los municipios de San Pedro la Laguna (12,050 habitantes), San Lucas Tolimán (33,234 habitantes), Santiago Atitlán (50,839 habitantes), Panajachel (19,769 habitantes) aprovechan el agua del lago para consumo humano.²

En el Cuadro 5 se pueden conocer las características generales del lago, sus fuentes y efectos de la contaminación.



Fuente: MARN, 2010.

² Población proyectada para el 2016. Estimaciones de Poblaciones por Municipio, período 2008 –2012.

Cuadro 5. Características generales e impactos ambientales del Lago de Atitlán

Origen (Castañeda, 1995)	Datos característicos relevantes promedio	Problemas ambientales vinculados con la contaminación	Efectos de los problemas vinculados con la contaminación
Volcánico	<p>Superficie de la cuenca = 544 Km²</p> <p>Superficie del lago= 130 Km²</p> <p>Profundidad promedio = 188 m</p> <p>Municipios en la cuenca = 15</p> <p>Densidad poblacional = 290 hab/Km²</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por aguas residuales: <ul style="list-style-type: none"> ▫ Municipales (diez de los quince municipios descargan directamente al lago y los otros 5 a cuerpos de agua que finalmente llegan al lago). Únicamente existen dos plantas de tratamiento municipales cumpliendo con las normas de aguas residuales. ▫ Sector hotelero y de alimentos & bebidas. Un porcentaje alto descargan directamente al lago. • Disposición en vertederos clandestinos y en ríos de desechos sólidos. Solo existen dos municipalidades con manejo integrado de residuos y desechos sólidos. • Deforestación y malas prácticas agrícolas son las causas del arrastre de sólidos hacia este cuerpo lacustre. • Cambio de uso de suelo de cultivos perennes a cultivos limpios con uso indiscriminado de agroquímicos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presencia de nutrientes, que han incrementado la población de cianobacterias de manera alarmante. 2. Presencia de macroalgas especialmente en las bahías de San Lucas, Santiago y Panajachel. 3. Deforestación 4. Aporte de sólidos debido a las malas prácticas en agricultura y construcción de infraestructura. 5. Alta concentración de coliformes fecales que afecta la salud humana y la fauna acuática.

Fuente: Diagnostico: Castañeda, 2005; MARN, 2011.

Contaminación por descarga de aguas residuales

Al analizar datos importantes, Van Tongeren *et al.*, reporta que sólo en 2003 el lago podría haber recibido más de 972 toneladas de nitrógeno y 381 de fósforo (alimento para microorganismos, como las cianobacterias) contenidas en más de 101,499 toneladas de suelo agrícola erosionado. Además, el lago presenta un alto contenido de heces fecales. La cianobacteria fue detectada en el lago de Atitlán, por medio de imágenes satelitales, el 30 de octubre del 2009.



Fuente: MARN, 2010.

3.4 Lago de Izabal

El lago de Izabal, conocido como golfo Dulce, se encuentra en el departamento de Izabal y es el más grande de Guatemala. Drena en el mar Caribe a través de un lago más pequeño, el golfete Dulce y el río Dulce. Con el fin de contrarrestar y detener este deterioro, así como descontaminar el ecosistema dañado, mediante el Decreto 10-98 del Congreso de la República, se establece la Ley de Creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la

Cuenca del Lago de Izabal, el Río Dulce y su Cuenca –AMASURLI–. Su finalidad es ordenar el uso de los recursos y fortalecer las acciones de protección y rescate del lago, que permitan a la población vivir en un medio ambiente saludable.

En el Cuadro 6 se pueden conocer las características generales del lago, sus fuentes y efectos de la contaminación.

Cuadro 6. Características generales e impactos ambientales del Lago de Izabal

Origen (Castañeda, 1995)	Datos característicos relevantes promedio	Problemas ambientales vinculados con la contaminación	Efectos de los problemas vinculados con la contaminación
Tectónico	<p>Superficie de la cuenca = 8,161 Km²</p> <p>Superficie del lago = 672 Km²</p> <p>Profundidad promedio = 12 m</p> <p>Municipios en la cuenca = 19</p> <p>Densidad poblacional = 132 hab/ Km²</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por aguas residuales: <ul style="list-style-type: none"> ▫ Municipales ▫ Industriales y agroindustriales • Disposición en vertederos clandestinos y en ríos de desechos sólidos. Solo existen dos municipalidades con manejo integrado de residuos y desechos sólidos. • Cambio de uso de suelo de cultivos perennes a cultivos limpios con uso indiscriminado de agroquímicos. • Ganadería no amigable con el ambiente. • Sobreexplotación del recurso pesquero. • Deforestación y sobreexplotación de recursos en áreas protegidas. • Falta de certeza jurídica de la tierra y conflictos agrarios por invasiones. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presencia de nutrientes, niveles de cobalto, cromo y zinc que presentan peligro de almacenarse en tejidos de peces con destino para el consumo humano. 2. Crecimiento de <i>Hydrila verticillata</i> que ha causado problemas en navegación y estabilidad del ecosistema y puede causar la pérdida paulatina de la profundidad del lago; 3. Presencia de microalgas: <i>Microcystis aeruginosa</i>; <i>Microcystis botrys</i>; <i>Anacystis sp.</i>; <i>Oscillatoria rubescens</i>; <i>Anabaena sp.</i>; <i>Navicula bory</i>; <i>Tabernaria sp.</i>; <i>Botryococcus sp.</i>; <i>Ankistrodemus sp.</i>, que pueden cambiar rápidamente la condición del lago a eutrófico.

Fuente: MARN, 2011; Plan de Acción 2,007; Castañeda, 2005; AMASURLI 2,009

Contaminación por descarga de aguas residuales

La principal fuente de contaminación del lago de Izabal son las descargas de aguas servidas de las poblaciones aledañas a los ríos Matanzas, Cahabón y Polochic. Adicionalmente, la acumulación de sedimentos generados por la alta deforestación en la cuenca del río Polochic originó la proliferación de *Hydrilla verticillata*, un alga que crece a ritmo acelerado cuando las aguas de un cuerpo fluvial están contaminadas.



Fuente: MARN, AMASURLI. 2007.

3.5 Lago de Petén Itzá

El lago de Petén Itzá se localiza en el departamento de Petén al norte de Guatemala y es el tercer lago natural más grande del país, después del lago de Izabal y el lago de Atitlán. Con el fin de contrarrestar y detener este deterioro, así como descontaminar el ecosistema dañado, mediante Acuerdo Gubernativo 697-2003, se establece la Autoridad para el Manejo y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago Petén

Itzá –AMPI-. Su finalidad es ordenar el uso de los recursos y fortalecer las acciones de protección y rescate del lago, que permitan a la población vivir en un medio ambiente saludable.

En el Cuadro 7 se pueden conocer las características generales del lago, sus fuentes y efectos de la contaminación.

Cuadro 7. Características generales e impactos ambientales del Lago de Petén Itzá

Origen (Castañeda, 1995)	Datos característicos relevantes promedio	Problemas ambientales vinculados con la contaminación	Efectos de los problemas vinculados con la contaminación
Tectónico y Kárstico	<p>Superficie de la cuenca= 1062 Km²</p> <p>Superficie del lago=109 Km²</p> <p>Profundidad promedio = 76.2 m</p> <p>Municipios en la cuenca= 8</p> <p>Densidad poblacional = 120 hab/ Km²</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Explosión demográfica de la población que responde a un crecimiento de 100,000 habitantes en un período de 50 años. • Contaminación por aguas residuales: <ul style="list-style-type: none"> ▫ Asentamientos humanos en la periferia del lago. ▫ Hacinamiento de población en el área central de Santa Elena y San Benito. <p>Municipales (existe una planta de tratamiento para los municipios de San Benito y la Isla de Flores eficiente y autosostenible, el resto de municipios necesitan alcantarillado público y sistemas de tratamiento de aguas residuales).</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ El lago se ha constituido como un eje estratégico de desarrollo por lo que recibe descargas de restaurantes y hoteles, entre otros. <ul style="list-style-type: none"> • Disposición en vertederos clandestinos y en ríos de desechos sólidos. • Crecimiento desmedido de las actividades extensivas, pecuaria y agrícola, han reducido de 34% a un 4% de bosque en la cuenca, por lo que el cambio de uso del suelo ha incrementado en un 80% las áreas deforestadas, disminuyendo la precipitación pluvial y produciendo escorrentía de agua de lluvia que arrastra residuos y sedimentos. • Acuíferos vulnerables a la contaminación debido a la geomorfología kárstica de la cuenca y a las características climáticas, se ha presentado escasez de escorrentía y el agua se ha alojado en estos acuíferos kársticos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aceleración en el proceso de eutrofización. 2. La flora y fauna han sido degradadas. 3. Sobrepesca de especies endémicas (Petenia esplendida). 4. Inundaciones. 5. Incendios. 6. Sequías.

Fuente: Diagnostico: Castañeda, 2005; MARN, 2011.

Contaminación por descarga de aguas residuales

La Autoridad para el Manejo y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago de Petén Itzá (AMPI) estima que, durante 2008, se extrajeron unas 80 toneladas de basura del lago.

Otros datos reportados por AMPI indican que la contaminación de los recursos hídricos de la cuenca es otro de los impactos negativos, a tal grado que de los 8.5 Km³ del volumen total del agua del lago Petén Itzá no se puede usar ni la cantidad contenida en una cuchara para el consumo humano, incluyendo el volumen de agua subterránea que se bombea y se distribuye a las viviendas e industrias de la cuenca. Asimismo, en cuanto al subsistema acuático de la cuenca, los efectos producidos por las corrientes de aguas residuales que drenan al lago y lagunas, han incidido en el aumento de macrofitas que imposibilitan el uso de playas, principalmente en el área central (Flores, Santa Elena y San Benito).



Lagos kársticos

Son lagos que se alojan en una depresión que se ha producido por la disolución de piedras calizas. En la mayoría de estos lagos tanto la alimentación de los ríos afluentes, como el río emisario, se hace gracias a ríos subterráneos.



Fuente: EMAPET, 2016



Macrofitas proceso de eutrofización

Fuente: Geología Ambiental y Económica S.A, 2004

The page features a light blue background with various water-related graphics. In the top left, there is a large, prominent blue bubble with a bright highlight. Below it are two smaller bubbles. A trail of smaller bubbles descends from the large one towards the center. At the bottom of the page, there is a detailed splash of water with many bubbles of different sizes, creating a sense of movement and freshness.

CAPÍTULO CUARTO

AGUA RESIDUAL³

DESCRIPCIÓN

Este capítulo aborda los temas relacionados con las aguas residuales, los tipos y efectos de los contaminantes y los sistemas de tratamiento que se aplican.

³ Este capítulo fue tomado literalmente con algunas modificaciones del “Manual de Educación Ambiental sobre el Recurso Hídrico en el Área Metropolitana”.



COMPETENCIA

Describe las formas de agua residual, la importancia de su tratamiento para evitar efectos nocivos en los cuerpos de agua, la vida humana, animal y vegetal.

INDICADORES DE LOGRO

- 1 Participa en campañas informativas sobre la contaminación hídrica.
- 2 Practica técnicas de investigación sobre la disposición final de aguas residuales.
- 3 Identifica las principales industrias de tu comunidad y el impacto que generan en el recurso hídrico.
- 4 Elabora una maqueta sobre el origen de las aguas residuales.

CONTENIDOS

Procedimentales	Declarativos	Actitudinales
Describe los diferentes tipos de contaminantes del agua e investiga sus efectos en la salud humana. Argumenta acerca de la diferencia de las aguas domésticas e industriales.	El agua residual 4.1 El agua residual 4.2 Tipos y efectos principales de los contaminantes del agua. 4.3 Agua residual doméstica. 4.4 Agua residual industrial. 4.5 Sistemas de tratamientos.	Participa en todas las actividades responsablemente.



SUGERENCIAS DIDÁCTICAS DEL CAPÍTULO IV

ACTIVIDADES SUGERIDAS

CICLO DE APRENDIZAJE

Esta actividad toma el principio de los ciclos temáticos que pretenden centrar el aprendizaje, en este caso es el agua residual, tipos y efectos principales de la contaminación; agua residual doméstica, industrial y sistemas de tratamiento. El aprendizaje cooperativo y el uso auténtico del lenguaje, involucra tanto al docente como a los estudiantes, hasta definir el sistema de organización que se impondrá al trabajo. Una vez distribuidos los temas se asigna tiempo prudencial para la investigación. La meta es que los estudiantes apliquen los conocimientos, preparen material y grafiquen.

- 1 Distribuir los distintos temas a los alumnos en forma individual para que desarrollen una conferencia y presentarlo en plenaria.
- 2 Promover las giras de campo o salir al aire libre, para motivar y desarrollar destrezas de investigación y recopilación de información.
- 3 Apoyar a los estudiantes con material bibliográfico para que elaboren un cuadro comparativo con las características de las aguas residuales domésticas e industriales (seleccionar 3 diferentes industrias).
- 4 Realizar una investigación sobre la disposición del agua residual en tu comunidad, que incluya una visita a la municipalidad a la que pertenezcas y verificar si existe un programa de tratamiento o todavía no lo hacen. Evaluar la situación y elaborar las conclusiones.
- 5 Investigar sobre las diversas industrias que se ubiquen cerca del lugar donde vives o estudias. Identificar su producción y verificar si ya iniciaron un programa de producción más limpia. Qué desechos líquidos generan y cómo los tratan.
- 6 Elaborar un mapa conceptual y una maqueta sobre el origen de las aguas residuales y luego exponerlas en tu centro educativo.





¿Qué es la lixiviación?

Lixiviación es el proceso de lavado que realiza el agua que se infiltra en el suelo.

La lixiviación es un proceso a tener en cuenta desde el punto de vista ambiental, dado que, si se han producido otros contaminantes en la superficie, la lixiviación puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas.

Materia biodegradable: Es aquella materia que puede ser descompuesta por una actividad biológica. Por ejemplo, las descargas provenientes de actividades agrícolas.

La sedimentación es el proceso mediante el cual una partícula en el agua por su propio peso cae al fondo de un recipiente.

Sólidos en suspensión: Son aquellas partículas que flotan en el agua.

4.1 El agua residual

El agua residual es aquella que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada. El vertimiento de las aguas residuales se conoce como descarga. Las aguas residuales no pueden eliminarse descargándolas sin tratamiento en lagos, ríos, o cuerpos de agua ya que los contamina; también el manejo inadecuado de los desechos sólidos ocasiona impactos negativos en los cuerpos de agua.

4.1.1 ¿Qué tipos de aguas residuales podemos encontrar?

La clasificación de las aguas residuales se hace con respecto a su origen, ya que este determina su composición.

Aguas residuales ordinarias o de tipo doméstico

El uso del agua en los hogares genera agua residual, denominada ordinaria o doméstica que contiene los residuos propios de la actividad humana; tales como la materia fecal, restos de alimentos, aceites y grasas; otra parte son detergentes, sales, sedimentos, material orgánico no biodegradable y también microorganismos patógenos. La materia orgánica biodegradable y algunas sales inorgánicas son nutrientes para los microorganismos.

Las aguas residuales domésticas también denominadas aguas negras constituyen una de las principales fuentes de contaminación en Guatemala. Su origen son los sistemas de drenaje de los centros urbanos con mayor población, los cuales descargan directamente hacia los cauces de los ríos. Entre los ríos más contaminados por aguas residuales en el área metropolitana tenemos el de Villalobos que recibe el 60% de las aguas residuales urbanas y el de Las Vacas que recibe el restante 40%, esto tiene gran impacto para las zonas aledañas a los ríos.

En las poblaciones o ciudades grandes, donde existe una mayor concentración de viviendas, generalmente hay sistemas municipales de alcantarillado; pero en zonas rurales donde las viviendas están más alejadas unas de otras, no hay suficientes sistemas; las municipalidades deben asumir su rol en invertir mayor cantidad de recursos en este tema.

Aguas residuales especiales o industriales

Las aguas residuales son variables en cuanto a caudal y composición, además las características de las descargas difieren no solo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria.

A veces las industrias no emiten descargas de forma continua, sino únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas del año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial, por esta razón existen variaciones de caudal y carga a lo largo del día.

Las aguas residuales industriales contienen más contaminantes que las aguas de tipo doméstico. Su alta carga unida a la enorme variabilidad de contaminantes que presentan, hace que el tratamiento de las aguas residuales industriales sea complicado, siendo preciso un estudio específico para cada caso; es decir, no es lo mismo la contaminación que genera una industria de alimentos que la contaminación que genera una industria de textiles.

4.2 Tipos y efectos principales de los contaminantes del agua

Como se mencionó anteriormente, la contaminación de los cauces naturales tiene su origen entre las descargas de tipo ordinario o doméstico, especial o industrial y de contaminación difusa (lluvias, lixiviados y otros).

4.2.1 ¿Cuál es la clasificación de los contaminantes?

Las sustancias contaminantes que pueden aparecer en las aguas residuales son muchas y diversas; entre estas tenemos las siguientes:

Contaminantes orgánicos

Son compuestos cuya estructura química está formada fundamentalmente por carbono, hidrógeno,

oxígeno y nitrógeno; que en su mayoría se encuentran en descargas ordinarias y generados en la industria agroalimentaria (cultivos de alimentos tales como verduras y legumbres).

Contaminantes inorgánicos

Son de origen mineral y de naturaleza variada: sales, óxidos, ácidos y bases inorgánicas, metales y otros. Aparecen en cualquier tipo de agua residual, aunque son más abundantes en las descargas generadas por la actividad industrial.

Los componentes inorgánicos de las aguas residuales estarán en función del material contaminante, así como de su propia naturaleza.

Entre los contaminantes habituales en las aguas residuales podemos encontrar:

- Arenas
- Grasas y aceites
- Residuos con requerimiento de oxígeno
- Nitrógeno y fósforo
- Agentes patógenos
- Otros contaminantes específicos

Incluimos sustancias de naturaleza muy diversa que provienen de aportes muy concretos: metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas y otros.

4.3 ¿Cómo se mide el grado de contaminación de las aguas residuales?

Se mide habitualmente por medio de la determinación de la materia orgánica presente, es decir, si hay mucha materia orgánica en un cuerpo de agua, necesitará mayor cantidad de oxígeno para transformar dicha materia.

El método más usado para determinar la contaminación del agua es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).



4.4 ¿Qué consecuencias generan las descargas de aguas residuales?

Entre las consecuencias que podemos mencionar tenemos las siguientes:

Aparición de lodos y materia flotante

Existen en las aguas residuales, sólidos en suspensión de gran tamaño que cuando llegan a los cauces naturales pueden dar lugar a la aparición de sedimentos de lodo en el fondo de dichos cauces, alterando seriamente la vida acuática a este nivel, ya que dificultan la transmisión de gases y nutrientes hacia los organismos que viven en el fondo.

Agotamiento del contenido en oxígeno

La vida acuática necesita de oxígeno para su desarrollo; cuando se descargan a los cuerpos de agua residuos que se oxidan fácilmente, es decir residuos que consumen oxígeno en grandes cantidades, se da como consecuencia una muerte masiva de seres vivos.

Daño a la salud

Las descargas de aguas residuales a cauces públicos pueden fomentar la propagación de virus y bacterias patógenos para el hombre.

Eutrofización

En los lagos se acelera el proceso de sucesión por la eutrofización, debido principalmente al aporte de nutrientes que provoca la proliferación de algas, la reducción de la zona fótica y la disminución de la profundidad de los cuerpos de agua, por la alta sedimentación de materia.

4.5 ¿De qué depende el tratamiento de las aguas residuales?

El tratamiento de las aguas residuales depende de la calidad y cantidad de las aguas residuales, así como de la existencia del tipo de redes de alcantarillado.

Calidad y cantidad de las aguas residuales

El porcentaje de las aguas residuales que van a la red de alcantarillado es de más o menos 70% del suministro de agua potable. El volumen de las descargas de las aguas residuales provenientes de la industria y de instituciones varía según la actividad que realicen. Asimismo, influye la calidad del agua residual, como se explicó anteriormente de acuerdo a los tipos de aguas residuales existentes.

Existencia de redes de alcantarillado

Las redes de alcantarillado están compuestas por tuberías que recogen las aguas residuales y en algunos casos el agua de lluvia, mediante conexiones domiciliarias. Es recomendable recolectar las aguas de lluvia separadas de las domésticas, es decir, contar también con una red de alcantarillado pluvial; con este sistema se reduce el volumen de las aguas, permitiendo disponer por separado el agua de lluvia y el agua residual a tratar.

4.6 ¿Qué es una planta de tratamiento de aguas residuales?

Toda agua residual debe ser tratada tanto para proteger la salud pública como para preservar el medio ambiente. Antes de tratar cualquier agua residual

debemos conocer su composición, a esto se le denomina caracterización del agua. Esta caracterización permite conocer qué elementos químicos y biológicos están presentes, además brinda información necesaria para que los ingenieros expertos en tratamiento de aguas puedan diseñar una planta apropiada al agua residual producida.

Una Planta de tratamiento de aguas residuales debe tener como propósito eliminar toda contaminación química y bacteriológica del agua que pueda ser nociva para los seres humanos, la flora y la fauna de manera que el agua sea dispuesta en el ambiente en forma segura. El proceso, además, debe ser optimizado de manera que la planta no produzca malos olores hacia la comunidad en la cual está inserta. Una planta de aguas residuales que funciona correctamente debe eliminar al menos un 90% de la materia orgánica y de los microorganismos patógenos presentes en ella.

4.6.1 ¿Qué tipos de tratamiento se llevan a cabo en una planta de tratamiento de aguas residuales?

El proceso de tratamiento del agua residual se divide en cuatro tipos: pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario. En algunas ocasiones a los tipos de tratamiento preliminar y primario unidos se les llama etapa primaria (ver Diagrama 2).

A continuación, se describen los diferentes tipos de tratamiento:

1. Tratamiento preliminar

Este debe cumplir dos funciones:

- Medir y regular el caudal de agua que ingresa a la planta.
- Extraer los sólidos flotantes grandes y la arena (a veces, también la grasa).

El agua residual producida por una población no es constante, en determinadas horas del día el volumen de agua generada es mayor, para ello se instalan sistemas de regulación de caudal para que el agua que ingrese al sistema de tratamiento sea uniforme.

El agua residual contiene: Material flotante; por esta razón es necesario retirarlas para que el proceso pueda efectuarse normalmente; las estructuras encargadas de esta función son las rejillas, tamices, trituradores (a veces), trampas de grasa y desarenadores.

El tipo de tratamiento se determinará en función a la naturaleza de la actividad para dar un manejo adecuado de las aguas residuales.

2. Tratamiento primario

Tiene como objetivo eliminar los sólidos en suspensión (flotan) por medio de un proceso de sedimentación simple. Para complementar este proceso se pueden agregar compuestos químicos con el objeto de precipitar algunos contaminantes, tales como el fósforo y los sólidos en suspensión muy finos; estos procesos se llevan a cabo en tanques de sedimentación primarios llamados también clarificadores primarios.

3. Tratamiento secundario

El sistema de tratamiento secundario se da mediante procesos biológicos, en donde intervienen microorganismos que transforman la materia orgánica. Estos microorganismos, principalmente bacterias, se alimentan de los sólidos en suspensión, es decir, aquellas partículas que no se pudieron eliminar en el tratamiento primario. De esta forma el agua es más clara, sin embargo aún tiene un grado de contaminación; además se generan lodos que deben ser tratados.



4. Tratamiento terciario

Tiene como objetivo suprimir algunos contaminantes específicos presentes en el agua residual, tales como los fosfatos que provienen del uso de detergentes domésticos e industriales y cuya descarga en un cuerpo de agua favorece la eutrofización, o sea un desarrollo incontrolado y acelerado de la vegetación acuática, la cual agota el oxígeno y mata la fauna existente.

No todas las plantas tienen este tratamiento ya que dependerá de la composición del agua residual y el destino que se le dará. Dentro de este tipo de tratamiento podemos mencionar la desinfección, ya que las aguas residuales tratadas normalmente contienen microorganismos patógenos que sobreviven a las etapas anteriores de tratamiento; por tal razón es

necesario proceder a la desinfección del agua, la cual es importante si estas aguas serán reusadas para uso recreacional, cultivo de mariscos o para fuente de abastecimiento para consumo humano.

5. Tratamiento de lodos

Los sedimentos que se generan en los tratamientos primarios y secundarios se denominan lodos. Estos lodos contienen gran cantidad de agua (99%), microorganismos patógenos y contaminantes orgánicos e inorgánicos. Se han desarrollado varios métodos para el tratamiento de los lodos e incluyen: digestión anaerobia, digestión aerobia, compostaje, acondicionamiento químico y tratamiento físico. El propósito del tratamiento de los lodos es destruir los microbios patógenos y reducir el porcentaje de humedad.



01



02

**Planta de tratamiento
de agua residual**

- 01> Momento en que el agua ingresa al tratamiento
- 02> Rejilla donde quedan los desechos sólidos



03



04



05



06

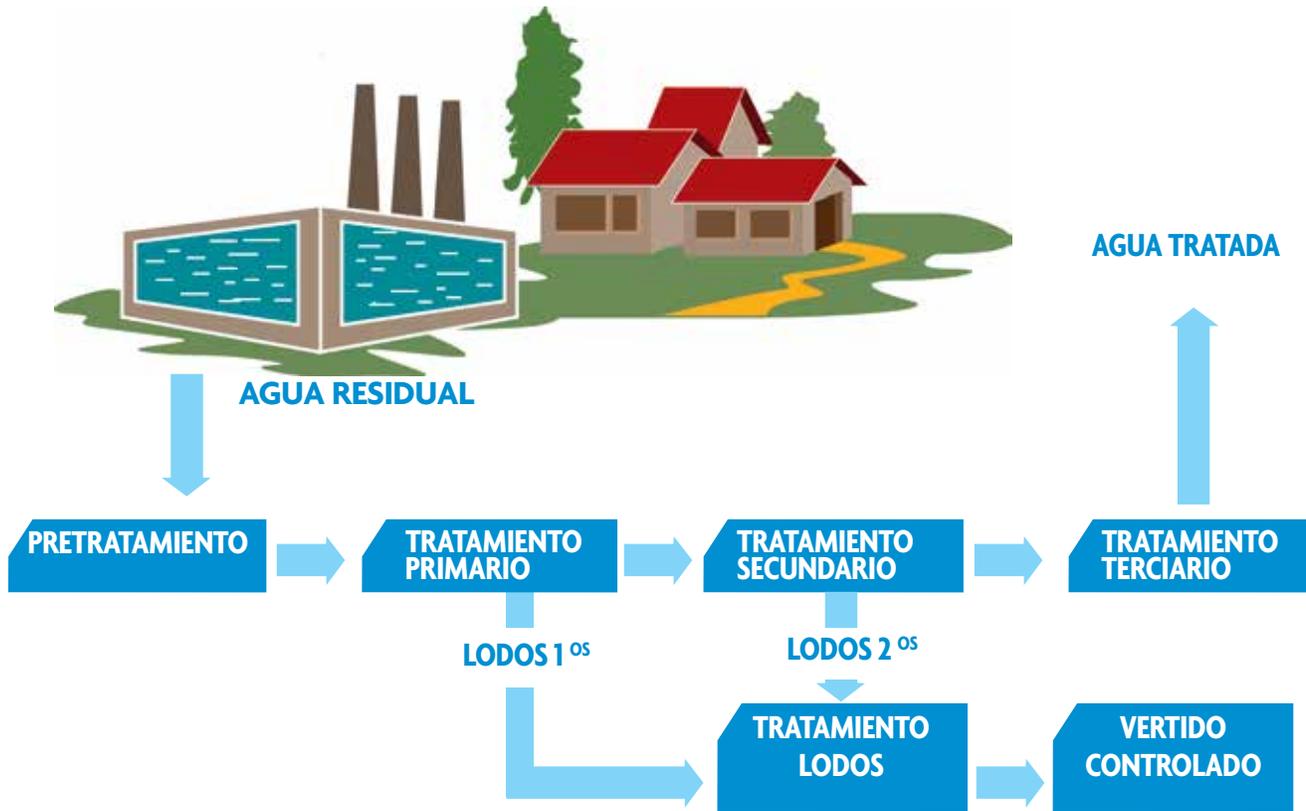
Planta de tratamiento de agua residual

- 03> Desarenador del agua
- 04> Trampa que atrapa la grasa que trae el agua
- 05> Trampa IMHOFF
- 06> Filtros percoladores
- 07> Secado de lodo



07

DIAGRAMA 2. PLANTA CONVENCIONAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



¿Qué es producción más limpia?

Producción más limpia –P+L– es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia en general, y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente (ver Diagrama 3). Para los productos, P+L se enfoca en reducir los impactos ambientales, a la salud y a la seguridad de los productos a través de los ciclos de producción, desde la extracción de materia prima, pasando por el proceso de manufactura y uso, hasta la disposición final del producto. Para los servicios, –P+L– implica la incorporación de las acciones basadas en una conciencia ambiental y el diseño de estrategias para la prestación de los servicios.

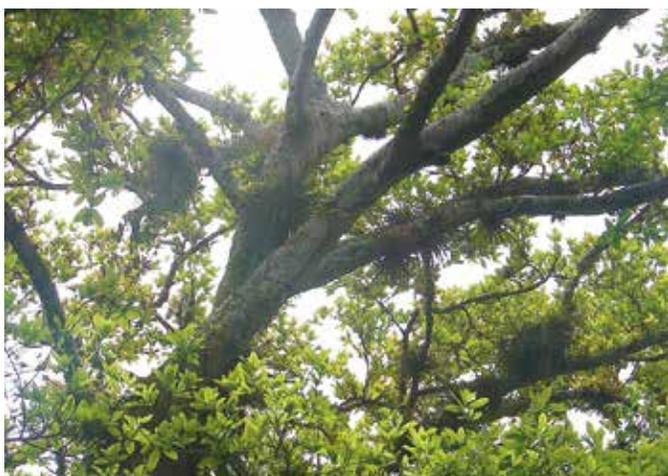
Se realiza a través de la inversión en tecnologías apropiadas para:

- Aprovechar al máximo las materias primas, las cuales muchas empresas vierten desperdiciando un porcentaje considerable de las mismas.
- Optimizar el uso de agua y energía.
- Eliminar materiales tóxicos y peligrosos.
- Reducir la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y desechos en la fuente durante el proceso de producción.



CONOCIENDO

Para reducir la contaminación de las aguas en los procesos de producción, normalmente las industrias implementan sistemas de tratamiento. Sin embargo, no es la única forma de reducir dicha contaminación, ya que previo a un sistema de tratamiento se puede implementar programas de producción más limpia.



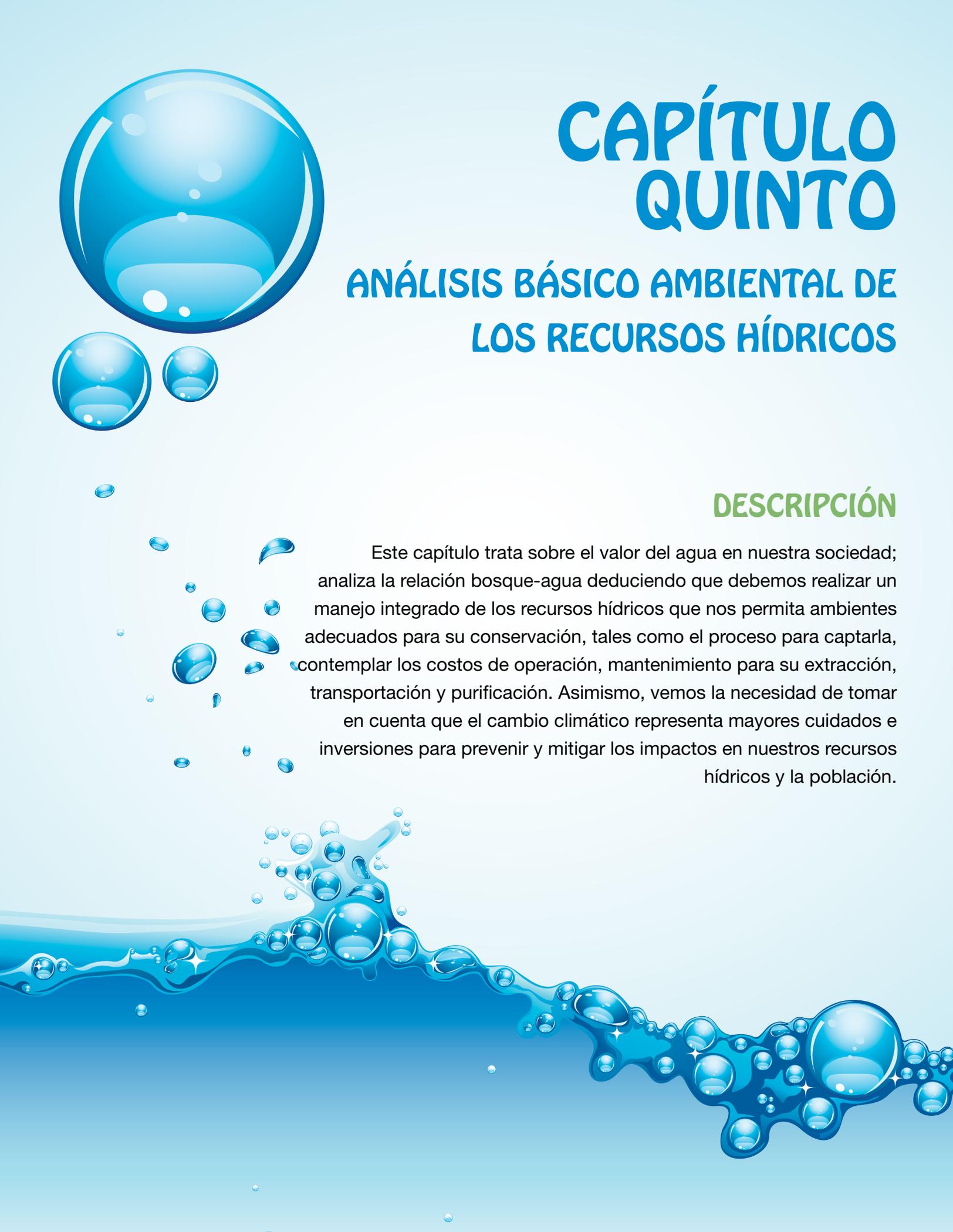
A consecuencia de estos cambios se reducen los desechos sólidos y líquidos, disminuyendo con ello el costo del tratamiento de las aguas residuales.

DIAGRAMA 3. JERARQUÍA DEL MANEJO AMBIENTAL



El Centro Guatemalteco de Producción más Limpia –CGP+L–

El CGP+L es una institución técnica sin fines de lucro. Fue establecida el 15 de julio de 1999, con la finalidad de apoyar a la industria a través de la investigación aplicada para desarrollar P+L. El CGP+L es apoyado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), y es parte de la Red de Centros Nacionales de Producción Más Limpia de ONUDI; la Secretaría de Asuntos Económicos de Suiza (SECO) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); y por instituciones nacionales, tales como: Universidad del Valle de Guatemala, Asociación de Azucareros de Guatemala y Cámara de Industria de Guatemala.

The page features a light blue background with various water-themed illustrations. In the top left, there is a large, detailed blue bubble with smaller bubbles inside it. Below it are two more smaller blue bubbles. A vertical line of small blue bubbles descends from the top left towards the center. At the bottom of the page, there is a large, dynamic splash of water with many bubbles of various sizes, extending from the left side towards the right.

CAPÍTULO QUINTO

ANÁLISIS BÁSICO AMBIENTAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

DESCRIPCIÓN

Este capítulo trata sobre el valor del agua en nuestra sociedad; analiza la relación bosque-agua deduciendo que debemos realizar un manejo integrado de los recursos hídricos que nos permita ambientes adecuados para su conservación, tales como el proceso para captarla, contemplar los costos de operación, mantenimiento para su extracción, transportación y purificación. Asimismo, vemos la necesidad de tomar en cuenta que el cambio climático representa mayores cuidados e inversiones para prevenir y mitigar los impactos en nuestros recursos hídricos y la población.



COMPETENCIAS

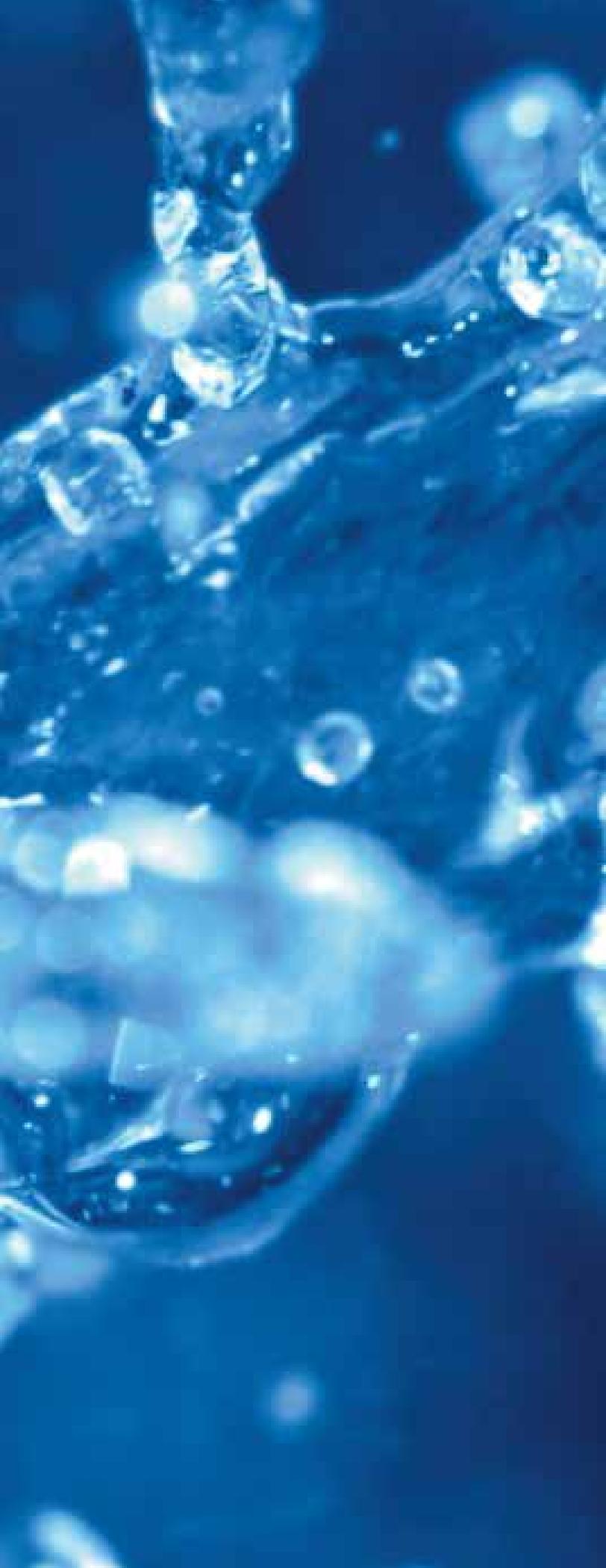
Manifiesta respeto por el agua valorando la complejidad de su captación, distribución y costo económico, relaciona el bosque y el agua, los impactos del cambio climático y sus beneficios para asegurar la actividad humana y la conservación del ambiente.

INDICADORES DE LOGRO

- 1 Utiliza la investigación científica para la búsqueda de explicaciones sobre la oferta y la demanda del agua pura embotellada.
- 2 Elabora gráficos y esquemas de la relación costo-beneficio de un área protegida, respecto a la conservación de fuentes de agua.
- 3 Argumenta sobre el consumo y costo del agua embotellada.
- 4 Comunica e informa sobre las diferencias y beneficios de un bosque y un área deforestada.
- 5 Explica el proceso denominado captura de carbono, como beneficio para contrarrestar el cambio climático.

CONTENIDOS

Procedimentales	Declarativos	Actitudinales
Utilización de materiales para analizar el impacto económico de los recursos hídricos.	5.1 Valoración del recurso hídrico. 5.2 Relación bosque-agua. 5.3 Impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos.	Valoración de trabajo en equipo.



SUGERENCIAS DIDÁCTICAS DEL CAPÍTULO V

ESTUDIOS DE CASOS

Esta actividad se inicia con la organización de grupos de trabajo para las investigaciones y luego se seleccionan determinadas embotelladoras de agua pura. Una vez organizados los y las estudiantes, se determina el tiempo prudencial. La meta es que los estudiantes investiguen y comparen los procesos de agua embotellada desde hace 15 años.

Usted como facilitador del aprendizaje debe permitir que sean los estudiantes los que a través de su guía puedan construir sus propios conocimientos y compartirlos con sus compañeros.

ACTIVIDADES SUGERIDAS

- 1 Investigar sobre la venta de agua pura embotellada desde hace 15 años. Entrevistar a abuelos, padres y personas mayores de la comunidad, indagando sobre la oferta y la demanda del agua pura embotellada.
- 2 Medir la cantidad de agua que consume semanalmente la familia de los o las estudiantes, y el costo económico que representa. Luego explicar por qué se consume este tipo de agua y presentar conclusiones en clase.
- 3 Planificar visita al bosque más cercano de su comunidad e identificar todos los beneficios que observe que produce en esa área, comparar áreas deforestadas y sacar conclusiones.
- 4 Realizar investigación documental sobre “Captura de Carbono”.
- 5 Discutir en clase el tema del cambio climático y los bonos de captura de carbono.



5.1 Valoración del recurso hídrico

Cuando hablamos del valor del agua no precisamente es el costo del agua. El agua es un bien en movimiento, finito y difícil de cuantificar. Para establecer el valor del agua, se deben tomar en cuenta los costos de inversión para captar el recurso de operación y mantenimiento, para extraer, transportar y purificar el agua.

Las tarifas por el consumo de agua constituyen también un instrumento económico que alienta el buen o mal uso del agua dependiendo de cómo estén estructurados y de cómo se apliquen.

Considerar la disponibilidad y capacidad de pago por parte de los usuarios con el fin de diseñar los sistemas de captación, conducción y saneamiento del agua más apropiados y acordes a la realidad del lugar, para asegurar que se mantengan en operación.

A continuación, analizaremos dos ejemplos de abastecimiento de agua potable:

1) Área metropolitana

En el caso de EMPAGUA (en ciertos sectores) los instrumentos económicos de tipo doméstico no constituyen un mecanismo efectivo dado que la tarifa no refleja el costo de la operación y mantenimiento real ni se incluyen total o parcialmente los costos de inversión. La tarifa por metro cúbico es de Q1.80 y el costo real es de Q3.50. La tarifa promedio mensual para el servicio de abastecimiento de agua potable cobrada a nivel nacional se sitúa cercana a los Q4.50, cuando se considera debiera ser al menos cercana a los Q30.00.

2) Flores, Santa Elena y San Benito, Petén

La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Petén –EMAPET–, es un caso diferente. A través de un proceso de 10 años de capacitación y sensibilización a la población, actualmente cobran tarifas

diferenciadas de acuerdo al consumo y cubren todos los costos de captación cruda del subsuelo por medio de pozos, cloración del agua conforme a normas sanitarias, almacenamiento del agua tratada en tanques y distribución a través de una red hasta los domicilios, es autosostenible. Por el derecho de consumir hasta 20 metros cúbicos de agua al mes, cada usuario paga la suma de Q50.00 mensuales (tarifa vigente desde el 2006) y por cada metro de exceso, se paga según el rango que se encuentra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Rangos de exceso de consumo (más de 20 m³) de agua potable y tarifa correspondiente

Rango	Costo por cada m ³
De 21 m ³ a 30 m ³	Q5.00
De 31 m ³ a 40 m ³	Q6.00
De 41 m ³ a 50 m ³	Q7.00
Más de 50 m ³	Q7.50

Fuente: EMAPET, 2016.

Ejemplo de aplicación de tarifa: Un usuario que consume 22 m³ al mes paga Q60.00 por el servicio de agua.

La mayoría de municipalidades subsidian estos servicios, especialmente en las áreas urbanas, en pérdida de las inversiones en las áreas rurales; los sistemas de usuarios industriales y de riego no pagan tarifa especial por el uso del agua en sus procesos.

Por lo general, no hay cobro por el servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento de las aguas residuales. Sin embargo, EMAPET administra un sistema autosostenible para 7,556 conexiones domiciliarias, correspondiente al 79.54% de cobertura de tratamiento del área central de Petén. El cobro se basa en tasas diferenciadas de acuerdo al sector correspondiente (ver Cuadro 9) y por la cantidad de metros cúbicos descargados al alcantarillado sanitario (ver Cuadro 10).

Cuadro 9. Tasa por descarga unitaria diferenciada

Categoría	Tasa por descarga
Doméstica	Q10.00
Comercial	Q60.00
Industrial	Q90.00
Pública	Q10.00

Fuente: EMAPET, 2016.

Cuadro 10. Tasa por unidad de descarga (0.85/m³)

Categoría	Costo por m ³ evacuado
Doméstica	Q0.75
Comercial	Q1.50
Industrial	Q2.00
Pública	Q0.75

Fuente: EMAPET, 2016.

En la cuenca del lago Petén Itzá, un usuario del sector doméstico que recibe el servicio de agua potable (por ejemplo, con un consumo de 22 m³) y descarga sus aguas residuales al alcantarillado sanitario, para ser tratadas en una planta de tratamiento de aguas residuales, paga Q60.00 por el servicio de agua potable y Q24.03 por el servicio de alcantarillado sanitario. En total paga al mes Q84.03 por los dos servicios.

Planta de tratamiento de aguas residuales, EMAPET



Fuente: EMAPET, 2016.

Es así que la sociedad es la responsable en la forma que valora el agua, de acuerdo a la abundancia o escasez. Además, el ser humano ha estado destruyendo el recurso hídrico ya que aún no ha aprendido a utilizarlo racionalmente provocando que los ríos estén más contaminados, sus corrientes fluyen con menor fuerza y los acuíferos están descendiendo de nivel.

No obstante, para disponer de la cantidad y de la calidad de agua necesaria, se requiere reconocer y mejorar los servicios ambientales, que consisten en la protección de los recursos naturales, bosques, nacimientos y fuentes de agua. Una forma adecuada podría ser el pago por servicios ambientales del tipo hidrológico, que permitirá invertir en el cuidado de los bosques que son los responsables de la provisión de agua al manto freático a través de la infiltración del suelo.

Pago por servicios ambientales del tipo hidrológico

Este pago se refiere a un incentivo para las personas y comunidades encargadas del manejo de las áreas de recarga hídrica, ubicadas generalmente en las partes altas de las cuencas; se utiliza para manejar de una manera adecuada los recursos naturales que influyen en la cantidad y calidad del agua que llegará a las partes intermedias y bajas de la cuenca. De esta manera, los beneficios de su implementación llegarán siempre tanto a los demandantes como a aquellos que los ofrecen.

Los demandantes del agua pueden ser:

- Empresas de distribución de agua para uso doméstico.
- Embalses para la generación de energía eléctrica.
- Industrias pesqueras que utilizan el agua de los esteros.
- Productores agropecuarios que utilizan el agua para riego y ganadería.
- Empresas industriales que utilizan el agua como insumo.
- Actividades para recreación o para transporte fluvial, entre otros.



Los oferentes del agua pueden ser los propietarios de los bosques en las partes altas de la cuenca y los propietarios de terrenos donde afloran nacimientos de agua, entre otros.

Entre las actividades que deben realizar los que ofrecen los servicios ambientales del tipo hidrológico, podemos mencionar:

- Conservar los suelos y el agua.
- Construir y darles mantenimiento a obras de infiltración.
- Reforestar y elaborar planes de manejo del bosque.
- Controlar y evitar incendios forestales.
- Contribuir al manejo de pastizales y de sistemas silvopastoriles.
- Manejar cuidadosamente los productos agroquímicos y construir letrinas.

Cuando estas actividades son realizadas, la infiltración de agua de lluvia alimenta los mantos freáticos en mayor cantidad, así como las corrientes superficiales, disminuyendo la contaminación y la erosión.

Los resultados principales son:

- Mayor cantidad y mejor calidad de agua para el uso doméstico.
- Disminución de los costos para purificar el agua para el consumo humano.
- Distribución equitativa del agua para riego.
- Recarga de corrientes de agua subterránea.
- Disminución de daños por fenómenos naturales, tales como inundaciones, derrumbes y otros.
- Menos sedimentación en el fondo de ríos, lagos y represas hidroeléctricas.
- Reducción de los costos de operación de los equipos de las empresas que generan electricidad. (Este funciona a través de incentivos que compensan económicamente de forma parcial o total a los dueños de la tierra).

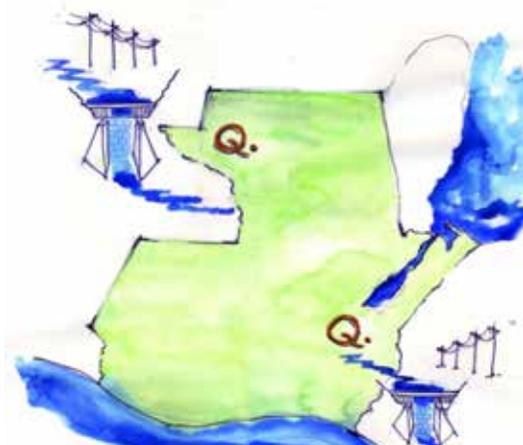


La inversión en la conservación de las fuentes de agua produce beneficios económicos y evita desastres naturales.

Fuente: MARN, UICN, PNUMA, 2006.



Fuente: MARN et. al., 2006.



Fuente: MARN et. al., 2006.

5.2 La relación bosque-agua

Los recursos bosque y agua mantienen una estrecha relación. La deforestación seguida por cambios de uso de la tierra disminuye la capacidad de infiltración. Para el período 2001-2010 se registra una pérdida de 132,138 hectáreas de bosque anual. Esto puede provocar la disminución del flujo de aguas superficiales durante la época seca, ya que la capacidad de infiltración disminuye a un nivel tan bajo, que la mayoría del agua proveniente de la lluvia escurre superficialmente durante el invierno.

¿Producen los bosques lluvia?

Se ha escuchado popularmente que los bosques permiten que haya más lluvia, lo cual no es del todo cierto. La excepción son los bosques nubosos, que sí afectan sensiblemente el régimen de lluvia a nivel de microcuenca, debido a que favorecen el movimiento del agua de las nubes hacia el suelo. Los científicos anticipan grandes efectos de reducción de lluvia proveniente de la evaporación, como es el caso de la selva amazónica, debido a que la masa boscosa es alta y los bosques contribuyen con mayor evaporación que las áreas agrícolas.

¿La reforestación incrementa la cantidad de agua?

Los bosques regulan el ciclo hidrológico, pero no generan más agua. Uno no puede asumir que plantando árboles en suelos degradados por erosión reestablecerá automáticamente o mejorará los flujos de la estación seca en un corto tiempo. En los primeros años, las plantaciones forestales tienen altas tasas de evapo-transpiración, por ello los efectos positivos de los árboles, sobre la capacidad de infiltración de los suelos permanece limitada; es solo después de varias décadas de plantados los árboles que la capacidad de absorción de lluvia de un suelo degradado empieza a acercarse al valor original con el bosque. En ese momento, uno sí puede decir que el bosque ha ayudado a “producir” más agua, aunque en realidad no se produce, sino que existe una mejor regulación del agua proveniente de las lluvias.

ACUÍFERO

Los acuíferos son reservorios de agua que están situados debajo de la superficie terrestre.

Los grandes beneficios del bosque en su relación con el agua son:

Capacidad de regulación de los caudales hídricos

Al reducir la velocidad del flujo (agua) sobre la superficie, favorece la infiltración, lo que permite que los acuíferos se recarguen, mejorando la disponibilidad de la época seca.

Control de inundaciones

El bosque reduce la escorrentía. Si se produce un cambio de uso afecta la infiltración de agua en los suelos (las actividades de cambio de uso compactan el suelo o reducen la porosidad), incrementará la escorrentía y posiblemente aumentará el riesgo de inundaciones. En el caso de una gran tormenta, muy larga e intensa, el suelo sobrepasará su capacidad de absorber la lluvia. En tales circunstancias, es poco probable que el uso de suelo tenga mucha influencia en la magnitud de las inundaciones.

Reducción de la erosión

Uno de los efectos más positivos y notorios del bosque es la reducción de la erosión en las laderas. Esta reducción de la erosión es el efecto más notorio entre una zona forestada y una deforestada. Esto reduce también el riesgo de inundaciones, pues el excesivo sedimento en los cauces facilita que los ríos se desborden.

Deslizamientos

La vegetación es un sistema radicular profundo y extenso que da una mayor estabilidad al suelo y protege contra deslizamientos. Sin embargo, en algunos casos, como por ejemplo en capas de suelo



muy delgadas o en ciertas condiciones geológicas y topográficas especiales y la combinación de estas con eventos naturales extremos, el peso del bosque puede acelerar el deslizamiento. En cualquier caso, es el evento natural el que inicia el proceso del deslizamiento, y el bosque puede ayudar.

En resumen, el bosque en condiciones adecuadas produce beneficios para la captación y regulación

hidrológica, así como para reducir erosión. El cambio de cobertura afecta el ciclo existente, que conlleva el impacto en cantidad y calidad de agua disponible en la zona. Este es un fuerte argumento para mantener la cobertura forestal, sin embargo, en las últimas seis décadas se ha registrado una pérdida del 53% de la cobertura forestal del territorio nacional siendo esto un indicador de baja disponibilidad del recurso hídrico a nivel nacional.

Cuadro 11. Cobertura forestal a nivel nacional en los últimos 60 años

Año	1950	1978	1991	2001	2006	2010
Extensión (ha)	6,974,340	5,700,339	5,121,629	4,152,051	3,868,708	3,722,595
Proporción del territorio nacional (%)	64.05	52.35	47.04	38.13	35.53	34.19

Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala IARNA, 2012.

5.3 Impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos

¿A qué le llamamos Cambio Climático?

Según la Convención Marco para el Cambio Climático de las Naciones Unidas, se define como “la variación del clima, atribuida de manera directa o indirecta a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera, y que se suma a la variabilidad climática observada durante períodos de tiempo comparables”.

El incremento de la temperatura media más allá del rango normal es reconocido como parte del calentamiento global.

Los suelos forestales absorben cuatro veces más agua de lluvia que los suelos cubiertos por pastos, y 18 veces más que el suelo desnudo.

EROSIÓN

Consiste en el desgaste de la superficie terrestre (suelo), el cual es provocado por factores externos tales como el agua o viento.

ESCORRENTÍA

Agua que se desplaza por la superficie (suelo) por efecto de las fuerzas de gravedad. Normalmente es agua de lluvia.

Algunos efectos

Deshielo de los polos



Fuente: <http://www.infolatam.com/wp-content/uploads/2011/02/Upsala-glaciar.jpg>

Impactos en los cambios atmosféricos y climáticos

Con el calentamiento global los polos se derriten y cambia la temperatura atmosférica y del agua lo que provoca fenómenos como huracanes, tormentas tropicales y aumento del nivel del mar, cambiando las características del hábitat de muchas especies.

Guatemala es un país localizado en una posición vulnerable y su población ha sufrido los impactos de los huracanes Mitch, Stan, de la tormenta tropical Agatha, entre otros:

- Deslizamientos de viviendas ubicadas en altas pendientes.
- Erosión y pérdida de suelos fértiles.
- Contaminación de ríos y lagos, por el arrastre de desechos sólidos y líquidos.
- Pérdida de vidas humanas y cosechas por inundaciones.

Los efectos han sido mayores que en otras regiones en el mundo por la eliminación de los manglares, que son una barrera natural de los vientos que ingresan de la zona marino costera.



Efectos en el ciclo del agua derivados del cambio climático

- Épocas secas más extendidas y con evidencia de extremas temperaturas.
- Lluvias más fuertes y concentradas en menos tiempo, lo que provoca suelos más vulnerables.
- Cambio de ubicación de las lluvias.
- Temporales más fuertes.
- Menos disponibilidad de agua dulce.

¿Qué podemos hacer para reducir los efectos del cambio climático en el país?

Cambiar nuestro “modelo extractivo” a través de:

- Utilizar los recursos naturales por debajo de su capacidad de carga.
- Aprovechar los bosques de manera racional, manteniendo la cobertura forestal para evitar la pérdida de suelos, mejorar la captación de CO₂, y asegurar la infiltración de los mantos freáticos.
- Regular el uso del agua.
- Sustituir el uso de agroquímicos por abonos orgánicos y métodos biológicos para control de plagas.
- Crear legislación sobre las emisiones de gases y material particulado, entre otros.



Fuente: <http://www.starmedia.com/imagenes/2012/07/inundaciones-rusia-2012-3.jpg>



Fuente: <https://yunarikku93.files.wordpress.com/2012/07/cambio-climatico-477782.jpg>



Fuente: http://www.abc.es/natural/abci-cambio-climatico-que-dan-escepticos-1623078216401-20151130115701_galeria.html

The page features a light blue background with a decorative water splash at the bottom. The splash consists of a large, central bubble with a smaller one on top, surrounded by many smaller bubbles of various sizes. The water surface is depicted with a gradient from light to dark blue. The title 'CAPÍTULO SEXTO' is written in a large, bold, blue font at the top right. Below it, the subtitle 'LEYES AMBIENTALES DE GUATEMALA' is written in a smaller, bold, blue font. The word 'DESCRIPCIÓN' is written in a bold, green font, and the main text is in a standard black font.

CAPÍTULO SEXTO

LEYES AMBIENTALES DE GUATEMALA

DESCRIPCIÓN

En este capítulo debe explicarse la importancia de la legislación ambiental y en especial la que se refiere al tema hídrico, así como detallar las distintas instituciones que tienen responsabilidades en el manejo del agua. La comprensión del tema dependerá de la forma con que se aborde.



COMPETENCIAS

Relaciona las normas contenidas en la Constitución Política de la República de Guatemala con la legislación ambiental en general y específicamente con la que regula el tema hídrico. En cuanto a las instituciones relacionadas con el agua, detallando sus funciones y el aporte que realizan en su manejo.

INDICADORES DE LOGROS

- 1 Análisis e interpretación de instrumentos legales sobre el uso del recurso de agua.
- 2 Participación en visita al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- 3 Investigación documental sobre datos del recurso hídrico en la municipalidad más cercana a su comunidad.

CONTENIDOS

Procedimentales	Declarativos	Actitudinales
Diferenciación de las leyes ambientales de Guatemala. Utilización de los materiales de estudio. Seguimiento de instrucciones.	Leyes ambientales en Guatemala. 6.1 Leyes ambientales sobre el agua en Guatemala. 6.2 Instituciones a nivel local y nacional a cargo de la protección del ambiente acuático. 6.3 Proyecto de ley de aguas.	Reconocimiento de las instituciones que velan por la conservación del ambiente.

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS DEL CAPÍTULO VI

Como facilitador(a) de aprendizaje motive un diálogo por medio de preguntas poderosas, usando estrategias que guíen y centren los aspectos específicos para cada tema. Organice debates sobre las noticias que publican los diarios, de casos relacionados con leyes ambientales de Guatemala o del agua, a nivel nacional y mundial.

ACTIVIDADES SUGERIDAS

- 1 En dinámica de grupos, analizar los Artículos 97, 126, 127, 128 y 129 de la Constitución Política de la República de Guatemala, y el Decreto 74-96 del Congreso de la República y exponer su interpretación.
- 2 Facilitarles otras leyes ambientales por medio de documentos o Internet para que descubran por sí mismos los alcances de las mismas.
- 3 Visitar el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN– donde les brindarán una plática informática en materia del recurso hídrico.
- 4 Realizar una investigación en la municipalidad del sector al que pertenezcan los o las alumnas, sobre las normativas municipales y sus enfoques sobre el uso del agua, distribución, tarifas y disposición de desechos líquidos.
- 5 Realizar el estudio de caso de construcción de una ley de aguas.



6.1 Legislación Ambiental sobre el Recurso Hídrico

Se entiende por ley, al conjunto de normas jurídicas de carácter obligatorio dictadas por el legislador, a las que se somete una sociedad, para regular o normar algo. Las leyes delimitan el libre actuar de las personas dentro de la sociedad. Se puede decir que son el control externo que existe para la conducta humana; por lo que el legislador crea este conjunto de normas jurídicas destinadas a la regulación de problemas ambientales, para regular la interacción existente entre el ambiente y los seres humanos.

Por legislación ambiental se entiende el conjunto de normas jurídicas, tratados, convenios, estatutos, reglamentos, y el derecho común que, de manera muy amplia, funcionan para regular la interacción de la humanidad y el resto de los componentes biofísicos o el medio ambiente natural, con el fin de reducir los impactos de la actividad humana, tanto en el medio natural, así como en la humanidad misma.

La legislación ambiental está compuesta por una serie de instrumentos tales como:

1. Leyes generales
2. Leyes específicas
3. Acuerdos gubernativos
4. Acuerdos ministeriales
5. Normas técnicas
6. Reglamentos y ordenanzas municipales

Estos instrumentos regulan uno o varios aspectos del medio ambiente y aseguran el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. En el tema del agua existen diversas leyes dentro de las cuales podemos mencionar:

La Constitución Política de la República de Guatemala en su Artículo 127 establece que “Todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables (intransferibles) e imprescriptibles (no se pueden vender). Su

aprovechamiento, uso y goce se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social. Una ley específica regulará esta materia”.

El Decreto 74-96 del Congreso de la República de Guatemala, Ley de Fomento de la Educación Ambiental.

La Ley de Áreas Protegidas, Decreto 4-89 del Congreso de la República de Guatemala, cuya aplicación corresponde al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), incorpora genéricamente las aguas como parte de procesos ecológicos esenciales y sistemas naturales vitales.

El Decreto 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, cuya aplicación corresponde al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), la cual está sustentada en el Artículo 97 de la Constitución Política de la República, el cual trata sobre el medio ambiente y el equilibrio ecológico, por lo que emitirá las disposiciones que sean necesarias y los reglamentos correspondientes.

El Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006, tiene como objetivo proteger los cuerpos de agua de los impactos provenientes de la actividad humana; recuperar los que están en proceso de deterioro; y promover el desarrollo del recurso agua, con visión de gestión integrada. El cual se complementa con su Manual General del reglamento de las descargas y recursos de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Ministerial 105-2008 el cual sirve para interpretar los aspectos técnicos y legales que se encuentran regulados en el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

El Reglamento de las Descargas de Aguas Residuales en la Cuenca del Lago de Atitlán, Acuerdo Gubernativo 12-2011, tiene como objetivo fijar los parámetros y establece una reducción progresiva de los límites máximos permisibles de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores en la cuenca del lago de Atitlán.

Es importante destacar que el ordenamiento jurídico vigente asigna a las aguas diversos valores:

1. Ambiental al considerarla un elemento abiótico.
2. Económico al incluirla como parte del patrimonio del Estado y de los particulares.
3. Social dado que por mandato constitucional su uso está en función del interés social; por tratarse de un bien de interés general.

6.2 Instituciones a nivel local y nacional a cargo de la protección del ambiente acuático

Existe una diversidad de instituciones que intervienen en el manejo de recursos hídricos, cada una con distintas responsabilidades y atribuciones, entre ellas se pueden mencionar:

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales le corresponde formular y ejecutar las políticas relativas para orientar el comportamiento de los diferentes grupos en la utilización del recurso hídrico.

Ministerio de Educación (MINEDUC)

Le corresponde brindar servicios escolares y extraescolares para la educación; en materia ambiental se sustenta en el Decreto 74-96 del Congreso de la República.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)

Es el encargado de regular el riego en el país y actualmente promueve el acceso a servicios técnicos y financieros (crédito) para la construcción de proyectos de sistemas de riego y para agricultores individuales o asociados.

Ministerio de Energía y Minas (MEM)

Tiene a su cargo todo lo relacionado con la política energética y la explotación minera, la asignación de

fomentar el uso de fuentes renovables de energía y desarrollo de hidroeléctricas.

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS)

Una de las funciones relacionadas al agua es velar por su calidad en materia de agua potable y saneamiento.

Ministerio de Comunicaciones, Transporte, Obras Públicas y Vivienda

La ley del Organismo Ejecutivo, Decreto 114-97 del Congreso de la República de Guatemala, faculta a este Ministerio para la construcción de canales de navegación, dragado de ríos y medición hidrológica.

Municipalidades

La municipalidad tiene la responsabilidad del manejo ambiental dentro de su territorio y lo relativo a la prestación de los servicios básicos (agua y drenajes, y disposición de desechos sólidos).

Autoridades de cuencas

Las autoridades de cuencas se encargan del manejo integrado de los recursos hídricos en las cuencas de los lagos y ríos. Existen cinco autoridades de cuencas hidrográficas:

1. Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán (AMSA).
2. Autoridad para el Manejo Sustentable del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE).
3. Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Izabal, y Río Dulce (AMASURLI).
4. Autoridad para el Manejo y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago de Petén Itzá (AMPI).
5. Autoridad Protectora de la Subcuenca y Cauce del Río Pensativo.

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)

Es la entidad gubernamental encargada de la investigación en el tema del agua; sin embargo, su función se ha limitado a la generación de datos básicos.



6.3 Estudio de Caso “Construcción de un Proyecto Nacional de Ley de Aguas”

El agua es un bien esencial para el ser humano, no solo para su sobrevivencia sino también para el medio ambiente. Ante el crecimiento demográfico y la contaminación ambiental, la conservación del recurso se hace cada vez más necesaria. Sin embargo, la preservación del agua debe estar acorde a la realidad nacional de tal forma que sea compatible con el desarrollo sostenido de todos los guatemaltecos. Es por ello que el Artículo 127 de la Constitución Política de la República establece que se requiere de una ley de aguas para ordenar el tema.

Por lo que a continuación, con fines educativos, se explica algunos de los componentes más importantes que debe poseer un proyecto de ley general de aguas.

Primordialmente debe tener principios de equidad, solidaridad social, gestión integrada, valoración del recurso hídrico, participación de la población, seguridad jurídica, sostenibilidad ambiental, prevención y responsabilidad.

Así mismo, se recomienda que únicamente sea una institución la encargada del tema del agua para que sea más factible y eficiente la administración del mismo. A nivel local se debe contar con organismos de cuencas o mancomunidades hídricas, entre otras. Estas deberán velar por el cumplimiento de las normas establecidas y para promover la participación de los actores, usuarios organizados y autoridades locales en la formulación, aprobación, seguimiento, actualización y programación de las acciones y planes de manejo de la cuenca respectiva.

El agua es un bien del dominio público, es decir, que no se puede vender, lo que no significa que no se pueda usar. Por lo que se deben establecer reglas claras para otorgar derechos para el aprovechamiento del recurso. Esto se puede hacer a través de licencias, concesiones o autorizaciones; otorgándose en base a

proporciones dependiendo de la disponibilidad real de la fuente de agua, la que se definirá atendiendo criterios y metodologías científicas y técnicas, aprobadas por la institución competente.

En cuanto al régimen económico, la institución que se le asigne la administración de las aguas, debe contar con un presupuesto adecuado para funcionar. Y para ellos dicha institución para proporcionar un servicio adecuado, debe recolectar una retribución económica al momento de dar licencias, concesiones o autorizaciones para aprovechamiento especial de las aguas de dominio público y/o descargas de aguas residuales.

Debido a que el agua es un bien natural imprescindible, su uso provoca conflictos debido a los diversos intereses sectoriales. Se debe realizar una mediación de conflictos y, en caso de que no funcione, remitir el caso a los tribunales. Así mismo se deben determinar sanciones e infracciones puntuales para asegurarse que se respete todo lo que la ley exige.

Y por último se hace la aclaración que la ley general de aguas no regulará el agua potable y los servicios públicos que incluye.



Reglas claras, agua segura

Fuente: MARN *et. al.*, 2006.

ACTIVIDAD: CONSTRUYAMOS JUNTOS UN PROYECTO DE LEY DE AGUAS

1. Formar cinco grupos que representen los roles de los siguientes sectores:
 - a. Privado (industria, escoge un par que consuman y/o contaminan el agua en tu comunidad).
 - b. Gobierno (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales).
 - c. Organizaciones no gubernamentales (escoge una que trabaje con el agua o en su defecto en temas ambientales en tu comunidad).
 - d. Líder comunitario.
 - e. Comunidad(es) lingüística(s) (ancianos o jóvenes de acuerdo a la organización).
 - f. Municipalidad.
2. Cada grupo construirá una propuesta para los siguientes temas que forman parte de un proyecto de ley de aguas:
 - a. Tipo de institución nacional y local que debe regir.
 - b. Reglas para otorgar el derecho y las obligaciones.
 - c. Cómo y cuánto pagar por el uso del agua (no servicio de agua potable).
3. Hacer una mesa redonda para discutir los temas. Nombrar un secretario que tome nota de todos los acuerdos y desavenencias.
4. Construir una propuesta consensuada y compartirla con las autoridades competentes.





CAPÍTULO SEPTIMO

PARTICIPACIÓN PÚBLICA EN LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO

DESCRIPCIÓN

En este capítulo se aborda la participación social y su importancia en la autogestión para el desarrollo comunitario, identificando los problemas significativos en relación con los problemas de los recursos hídricos en el país, incluyendo el género, la juventud y el ámbito espiritual, para minimizar su deterioro. El tema puede asociarse con todas las áreas del CNB (Curriculum Nacional Base).



COMPETENCIAS

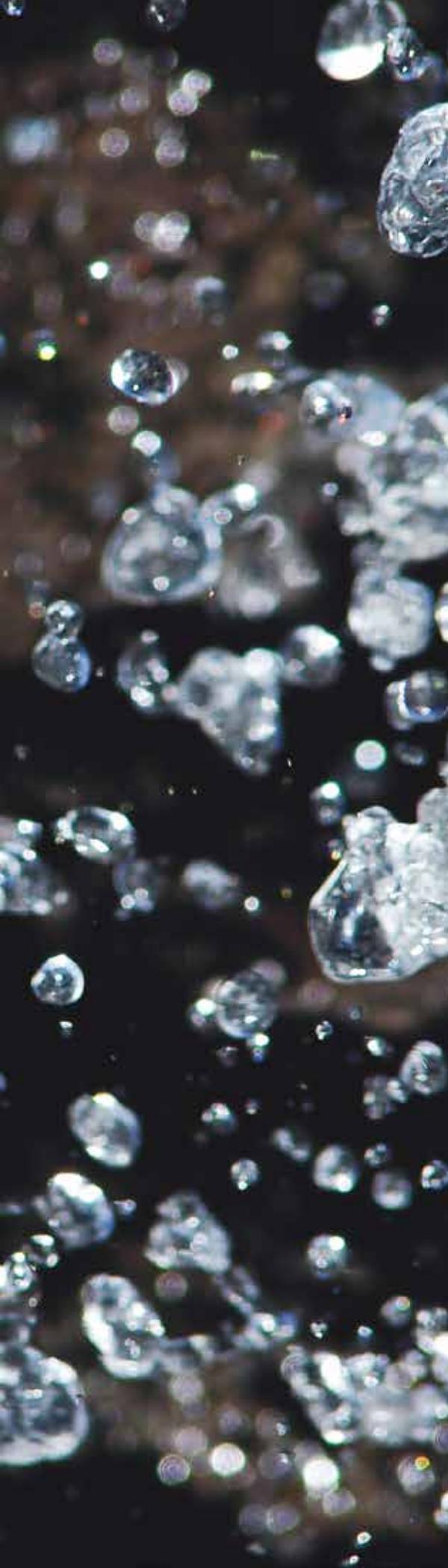
Fomenta la importancia de la participación social en actividades que propicien la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, en función del recurso hídrico y del equilibrio ecológico.

INDICADORES DE LOGRO

- 1 Utiliza los recursos disponibles para realizar una presentación sobre el protagonismo de la mujer, la juventud y la comunidad lingüística de tu comunidad, en temas vinculados con el agua, en el área urbana y la rural.
- 2 Diseña un juego educativo para fomentar los fines de la participación social.
- 3 Diseña un afiche con el tema de participación pública en el ambiente acuático, en los diferentes idiomas mayas que se hablan en tu comunidad.
- 4 Organiza y presenta los datos sobre su investigación de contaminantes más frecuentes en los cuerpos de agua.
- 5 Presenta casos de participación ciudadana en la resolución de conflictos socioambientales.

CONTENIDOS

Procedimentales	Declarativos	Actitudinales
Identificación de los casos de gestión.	Participación pública en la protección del ambiente acuático.	Reconocimiento de las instituciones que velan por la conservación del ambiente.
Identificación de políticas públicas que favorecen el bienestar colectivo.	7.1 Aspectos generales de la participación pública. 7.2 Género y juventud. 7.3 Cosmovisión del agua.	



SUGERENCIAS DIDÁCTICAS DEL CAPÍTULO VII

Provocar diálogo por medio de distintas preguntas, siendo lo más neutral posible, usando estrategias de cooperación guiadas y centrarse en aspectos específicos de cada tema legal.

Como facilitador(a) de aprendizaje provoque discusiones por medio de preguntas poderosas, usando estrategias que guíen y centren los aspectos específicos para cada tema. Organice debates sobre las noticias que publican los diarios, de casos relacionados con leyes ambientales de Guatemala o del agua, a nivel nacional y mundial.

Cuestionar casos de las noticias que aparezcan en los diarios relacionados con el agua a nivel nacional, para provocar debate.

Preparar el juego de roles de las y los estudiantes, por ellos mismos.

Dramatizar el protagonismo de la mujer en la provisión, manejo y cuidado del agua, en el área urbana y rural.

Identificar materiales de desecho que se pueden encontrar en un cuerpo de agua.

ACTIVIDADES SUGERIDAS

- 1 Dictar conferencias sobre la importancia de la participación pública en la protección del ambiente acuático.
- 2 Preparar estudios de casos para provocar discusión entre los y las estudiantes.
- 3 Formar paneles de discusión sobre preguntas poderosas que enriquezcan la conciencia ambiental en el tema del agua.
- 4 Diseñar un juego de memoria sobre los elementos que contaminan el agua.
- 5 Elaborar un periódico mural y destacar los datos relacionados con la participación ciudadana en conflictos socioambientales.
- 6 Preparar un foro para que los estudiantes compartan de acuerdo a sus diferentes cosmovisiones qué significa el agua en el ámbito espiritual.



7.1 Aspectos generales de la participación pública

La palabra participación se deriva del vocablo latín *participare* que significa dar parte, tener parte en una cosa. Es común que escuchemos que se menciona la palabra participación, pero pocas veces nos preguntamos cuál es el significado.

Por ser parte de una comunidad la participación social y ciudadana se convierte en un derecho individual y colectivo.

Mejorar el ambiente y aprovechar racionalmente los recursos naturales es un tema prioritario para la calidad de vida, pero esto no puede ser posible si no se consolida una participación efectiva que busque soluciones a temas prioritarios como son el ambiente y especialmente la gestión del agua. Si nuestro ambiente y nuestros recursos naturales están en buenas condiciones, son de beneficio para todos, si sucede lo contrario por ende todos seremos perjudicados.

Por tal razón es de suma importancia contar con la colaboración de todos los ciudadanos para que tengamos la capacidad de identificar, conocer y resolver problemas en torno a los recursos hídricos del país, es a través de la participación social que se puede cambiar esta situación de deterioro del agua causado en gran medida por las acciones de los seres humanos, esto implica daños a los ecosistemas, extinción de especies y enfermedades que ponen en riesgo nuestra salud.

Es necesario promover la participación para consolidar una cultura democrática responsable que genere consensos en la gestión ambiental, que nos permita formar y mantener mecanismos de participación que den como resultado vínculos directos entre el gobierno y la sociedad civil.

Participación social en el manejo del agua

En Guatemala la participación social en el tema del agua se circunscribe mayoritariamente a expresar las necesidades y demandas que la población tiene

del recurso. Son pocos los casos donde a nivel municipal se ha interiorizado acerca de la importancia de participar en la gestión integrada de los recursos hídricos de las zonas que abastecen de agua a sus municipios.

Un principio que rige la gestión integrada del recurso hídrico es la participación de los interesados. Para el éxito de las reformas del sector del agua es importante conocer los puntos de vista e intereses de los involucrados. La importancia de la participación de los interesados debe ser reconocida en varios aspectos desde la preparación e implementación de un plan de gestión integrada del recurso hídrico.

Algunos de los beneficios de la participación de los interesados en la gestión integrada de los recursos hídricos son:

- Los interesados son los más afectados por la carencia o por la gestión deficiente del recurso hídrico; además su participación contribuye a la transparencia de las acciones públicas y privadas, al mismo tiempo que estas acciones son monitoreadas por los diferentes actores involucrados.
- El involucramiento de los interesados desarrolla confianza entre el gobierno y la sociedad civil, lo que posiblemente puede conducir a relaciones de largo plazo.

Principios de la participación social integral

La participación debe estar presente en todos los niveles de toma de decisiones, considerando las relaciones que existen entre ellos.

Protagónica

Los ciudadanos asumen un rol de autores de los procesos sociales que les conciernen y de actores principales en el diagnóstico, planificación, ejecución, seguimiento y evaluación, incluyendo la toma de decisiones.

Responsabilidad

Los involucrados deben responder a los actos que ejecutan y ser garantes de los principios, objetivos y fines de la participación.

Incluyente

Es indispensable involucrar a todos los sectores y actores, sin ningún tipo de discriminación.

Equidad

Debe ser moderada, apegada a la justicia, natural, razonable e imparcial.

Tolerante

La participación es respetuosa de la pluralidad de las maneras de pensar y actuar de los involucrados, reconoce la diversidad cultural y política.

Pertinencia

La participación deberá ser apropiada, oportuna y mantener correspondencia con los fines, hechos y la realidad socioambiental.

Compromiso

Significa cumplir cabalmente con las acciones y los acuerdos contraídos en el proceso de la participación.

Fines de la participación

- Fortalecer la participación de la sociedad civil.
- Propiciar la organización social.
- Consolidar una cultura democrática responsable.
- Fomentar la autogestión comunitaria.
- Buscar opciones en conflictos socioambientales.
- Establecer enlaces que construyan el tejido socioambiental.

Niveles de participación

La organización es algo indispensable en la participación, para tener una idea clara de los niveles de participación en Guatemala, observa la siguiente pirámide (ver Diagrama 4).

Dentro de la participación social debe darse la gestión integrada de recursos hídricos que no es solamente el manejo de los recursos físicos, sino que incluye procesos para reformar sistemas humanos y lograr que las personas sean capaces de beneficiarse de esos

DIAGRAMA 4



recursos. Para lograr el manejo integrado de recursos hídricos es necesario que las políticas tomen en cuenta las implicaciones del recurso hídrico a nivel macroeconómico, que exista una integración transversal del agua en la política de desarrollo, que las decisiones locales a nivel de cuenca estén en línea con amplios objetivos nacionales y que los planes y estrategias del agua estén integrados en amplias metas sociales, económicas y ambientales del país.

El enfoque del uso del agua debe incluir a usuarios, planificadores, y formuladores de políticas a todo nivel y lograr la concientización sobre la importancia del agua entre los políticos y el público en general.

Es importante mencionar que en este contexto la mujer juega un papel importante por ser la que vela por la provisión, uso y buen manejo del agua en su vida diaria y en la de su familia; por esta razón es importante la participación de las mujeres en la toma de decisiones a nivel local y regional.

7.2 Género y juventud

Género

El término «género» se refiere a los diferentes roles, derechos y responsabilidades de los hombres y las mujeres y a las relaciones entre ellos. El género no hace únicamente referencia al hecho de ser hombre o mujer sino a la manera en que sus cualidades,

conductas e identidades son determinadas a través del proceso de socialización.

En materia de agua y saneamiento se reconoce explícitamente la labor fundamental de la mujer en la provisión, gestión y protección del agua⁴.

En Guatemala, en el área rural, las mujeres recorren largos trechos con sus cántaros para llevar agua a sus hogares. Asimismo, son los líderes comunitarios responsables de los viveros forestales y fomentan la reforestación y trabajan en proyectos de conservación de cuencas.

Juventud

El término “juventud” es manejable y abarca diferentes edades. Las Naciones Unidas define a la juventud como el grupo de personas entre los 15 y 24 años; y hay países en los que este grupo incluye a personas hasta las edades de 29 y 35 años.

El capítulo 25 de la Agenda 21 de las Naciones Unidas indica que es importante la participación juvenil en todos los niveles de la toma de decisiones, y debe reconocerse la contribución intelectual de los jóvenes, su habilidad para movilizarse y sus diferentes puntos de vista.

En el país se encuentran grupos de jóvenes que intervienen en la gestión del agua, como por ejemplo la función que tienen los guarda recursos de los pueblos mayas de los 48 Cantones de Totonicapán. Anualmente, los jóvenes ofrecen un año de su vida para cuidar el bosque y sus fuentes de agua, respetando la sacralidad del nawal del agua. Otro ejemplo es que en el Congreso de la República se aceptan jóvenes diputados, estudiantes universitarios, quienes han participado en las comisiones de Ambiente y de Recursos Hídricos del país.



Fuente: http://3.bp.blogspot.com/_rTnE2fzvfE/TzkOdkGoPVI/AAAAAAAAAWo/IMSwKC0vULo/s1600/guatemala-indigenas-cantaro-agua.jpg

7.3 Cosmovisión del agua

En este capítulo estudiaremos la cosmovisión del agua desde las creencias de los mayas. Desde miles de años atrás, los mayas como parte de su cultura incluían el respeto por la naturaleza, desarrollando actitudes y tecnología avanzada para la recolección y uso apropiado de las fuentes de agua. Actualmente, aún existen evidencias, en las ruinas de las antiguas ciudades, del uso de canales y sistemas sofisticados de riego, construcciones para la recolección y almacenamiento de agua de lluvia, drenajes, así como representaciones del aprovechamiento de ríos, lagos y mares, como medios de transporte de personas y mercancías.

⁴ Conferencia de las Naciones Unidas de Mar del Plata en 1977, el Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento (1981-1990) y la Conferencia Internacional de Agua y Medio Ambiente de Dublín en enero de 1992.



Debido a sus amplios conocimientos de la naturaleza pudieron comprender y predecir fenómenos celestes, tales como los eclipses, movimientos de los planetas, mareas, así como aquellos relacionados con las lluvias. Estos conocimientos ancestrales han sido heredados, de generación en generación, hasta el día de hoy, por los veintidos pueblos mayas de Guatemala. Los mayas ubican el origen de este elemento sagrado en la creación del universo, por parte del Ser Supremo, el Ajaw, el Corazón del Cielo, quien proporcionó a la tierra el agua, al igual que al hombre la sangre. El agua también fue dotada de un espíritu, de un nawal, por eso siempre está en movimiento, como un ser viviente.



Fuente: MARN *et. al.*, 2006.

El nawal del agua espera de las mujeres y los hombres una actitud de amor y respeto, el reconocimiento de su sacralidad, el cumplimiento de los rituales necesarios para mantener el equilibrio del cosmos, la fertilidad de la tierra y la vida. “El agua es la leche materna de la Madre Tierra”. Los abuelos mayas enseñan que el agua debe ser utilizada correctamente, tanto en la casa como en la siembra, para no alejar a su nawal. “Si esto ocurriera, se secarían las fuentes de agua, de igual manera que el hombre moriría si perdiera su espíritu o si le faltara la sangre”.



Los abuelos y abuelas de los pueblos mayas enseñan que debe establecer un balance entre el aprovechamiento de los bosques, del agua y la protección del ambiente.

Fuente: MARN *et. al.*, 2006.

Por eso se le pide permiso al nawal del agua, antes de utilizarla y se le agradece después. Hay que recibir la lluvia con mucha alegría y darle gracias al Corazón del Cielo y al Corazón de la Tierra, prender las velas y quemar el incienso que elevará las oraciones, al igual que las nubes elevan el agua.

La relación con la naturaleza, entre los mayas, se fundamenta en establecer un balance entre el aprovechamiento de los recursos y su protección. El cuidado de los bosques es una práctica ancestral, que tiene



Manual de Educación Ambiental sobre el Recurso Hídrico en Guatemala



aspectos de religiosidad y refleja la comprensión de que todos los seres que habitan el mundo deben convivir en armonía.

Existen diversas interpretaciones acerca de los nawales del agua. Para algunos pueblos mayas, estos descienden únicamente sobre lugares donde existen bosques, sobre nubes, a veces en forma de ángeles. Para otros, es posible reconocer ciertos nawales del agua, especialmente de nacimientos, en forma de culebras, cangrejos o tortugas, a los cuales no se debe retirar del lugar, pues esto ocasionaría que la fuente se

seque. En algunos lugares se dedica un pago a nawales del agua, a través de padrinos de la comunidad, quienes realizan los rituales en los nacimientos.

Los conocimientos de la cosmovisión maya del agua son transmitidos de padres a hijos, a través de la tradición oral, en el idioma materno, desde hace miles de miles de años. Actualmente, los movimientos de reivindicación de derechos de los pueblos indígenas contribuyen a que dichos conocimientos no se pierdan, sino que perduren en la conciencia de las presentes y futuras generaciones.



REFERENCIAS

1. Campos, Ronald. 2,005. Evaluación de la Operación, Mantenimiento y Mejoramiento de doce plantas de tratamiento de aguas residuales en Guatemala. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Turrialba. Costa Rica.
2. Castañón, D. 2,000. Perspectivas de Valoración Económica del agua en Guatemala. Guatemala: PMIRH-MAGA.
3. Castañeda, S. 1995. "Sistemas Lacustres de Guatemala, Recursos que Mueren". Guatemala, CEUR. 128 p.
4. Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. 2005a. Importancia de la eficiencia de los procesos industriales en la conservación del agua y rentabilidad de las empresas. Guatemala.
5. Cobos, A. 2003. Institucionalidad del agua en Guatemala.
6. Constitución Política de la República de Guatemala. 1985. Asamblea Nacional Constituyente.
7. Decreto No. 68-86 del Congreso de la República de Guatemala. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.
8. Decreto No. 74-96 del Congreso de la República de Guatemala. Ley del Fomento de la Educación Ambiental.
9. Decreto No. 4-89 del Congreso de la República de Guatemala. Ley de Áreas Protegidas.
10. EMAPET. 2016. Presentación: Un modelo de éxito en la gestión mancomunada del recurso hídrico. 26 diapositivas.
11. EMPAGUA. Situación Actual de los Recursos Hídricos en Guatemala. Estudio Hidrológico en el Valle de la Ciudad de Guatemala. Proyecto de Emergencia. Tomo 1.
12. Geología Ambiental y Económica S.A. 2004. ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. Para el estudio de factibilidad y diseño final para el ordenamiento territorial del área de la cuenca del Lago Petén Itzá, que comprende de los municipios de San José, San Andrés, San Benito, Flores, Santa Ana y San Francisco, del departamento de Petén. 278p.
13. IARNA-FCAA/URL-IIA.2006. Perfil Ambiental de Guatemala 2006. Tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental. 252p.
14. IARNA-FCAA/URL-IIA.2009. Perfil Ambiental de Guatemala 2008-2009. Las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo. 343p.
15. IARNA-FCAA/URL-IIA.2012. Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012. Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo. 468p.
16. INE-Banguat / IARNA-URL (Instituto Nacional de Estadística, Banco de Guatemala e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). 2013. Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica de Guatemala 2001-2010: compendio estadístico. SCAE 2001-2010. Tomo I y II. Guatemala. 896 P.
17. MARN. 2006. Reglamento de Descargas y Reuso de Aguas Residuales y Disposición de Lodos. Acuerdo Gubernativo 236-2006.
18. MARN, UICN, PNUMA, 2006. Manual de Gestión Integrada del Agua. Del Conocimiento al Diálogo. 32p
19. MARN, AMASURLI. 2007. Plan de acción integrado de la cuenca del Lago de Izabal-Río Dulce. 78p.
20. MARN. 2008. Manual General del Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos. Acuerdo Ministerial 105-2008.



Manual de Educación Ambiental sobre el Recurso Hídrico en Guatemala

21. MARN. 2008. Manual de Educación Ambiental sobre el Recurso Hídrico en el Área Metropolitana. 66p.
22. MARN-URL/IARNA-PNUMA. 2009. Informe Ambiental del Estado de Guatemala –GEO– Guatemala 2009. Guatemala. 286p.
23. MARN. 2010. Guía para el Manejo de emergencias relacionadas con el apareamiento de cianobacterias en el Lago de Atitlán. 10p.
24. MARN. 2011. Reglamento de Descargas de Aguas Residuales en la Cuenca del Lago de Atitlán.
25. MARN-INE/MAGA-INSIVUMEH.2011. Cuencas Hidrográficas de Guatemala. ATLAS SIA. Guatemala.49p.
26. Martínez T. 2002. Valoración Económica Parcial del Agua en la Ciudad de Guatemala: Una Alternativa para su Sostenibilidad. Guatemala. FLACSO.
27. Recinos, M. 2001. Cuando el Agua ya no Alcanza. Publicación Mensual 10, Guatemala: FLACSO.
28. Rodas, O. 2004. Hidrología y meteorología de bosques con énfasis en bosques nubosos: aplicaciones para Guatemala. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. 14 p.
29. SEGEPLAN. 2006. Estrategia para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de Guatemala. DIAGNÓSTICO. 93 p.
30. SEGEPLAN. 2006. Política Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. 33p.
31. UICN. 2009. Guía para la Elaboración de Planes de Manejo de Microcuencas. 68p.

Citas de página Web

- http://www.deguate.com/artman/publish/turismo_paraiso/reserva-de-la-biosfera-de-la-sierra-de-las-minas.shtml#.V41hBfnhC00
- http://www.segeplan.gob.gt/downloads/Indice-PobrezaGeneral_extremaXMunicipio.pdf
- Tipos de lagos | La guía de Geografía <http://geografia.laguia2000.com/hidrografia/tipos-de-lagos#ixzz4EuxxaTHi>
- <http://www.infolatam.com/wp-content/uploads/2011/02/Upsala-glaciar.jpg>
- (<http://www.starmedia.com/imagenes/2012/07/inundaciones-rusia-2012-3.jpg>)
- (<https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRHUaG4rIX2MOJktFADtvsZ99rl-q9L-tmZqHNbSc5qcxM1Sy81n>)
- (<https://yunarikku93.files.wordpress.com/2012/07/cambio-climatico-477782.jpg>)
- (http://www.revistamercado.do/app2/wpcontent/uploads/2014/12/3261886307_59d019ba75_o.jpg)
- <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/gender.shtml>
- <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/gender.shtml>
- http://3.bp.blogspot.com/_rTnE2fzvfE/TzkOdk-GoPVI/AAAAAAAAAWo/IMSwKC0vULo/s1600/guatemala-indigenas-cantaro-agua.jpg
- http://www.abc.es/natural/abcicambio-climatico-quedan-escepticos-1623078216401-20151130115701_galeria.html

