

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or a personification of knowledge, holding a book and a staff. The figure is surrounded by various symbols, including a crown, a lion, and architectural elements like columns and arches. The Latin text "UNIVERSITAS CAROLINA ACADÉMIA" is inscribed around the perimeter of the seal.

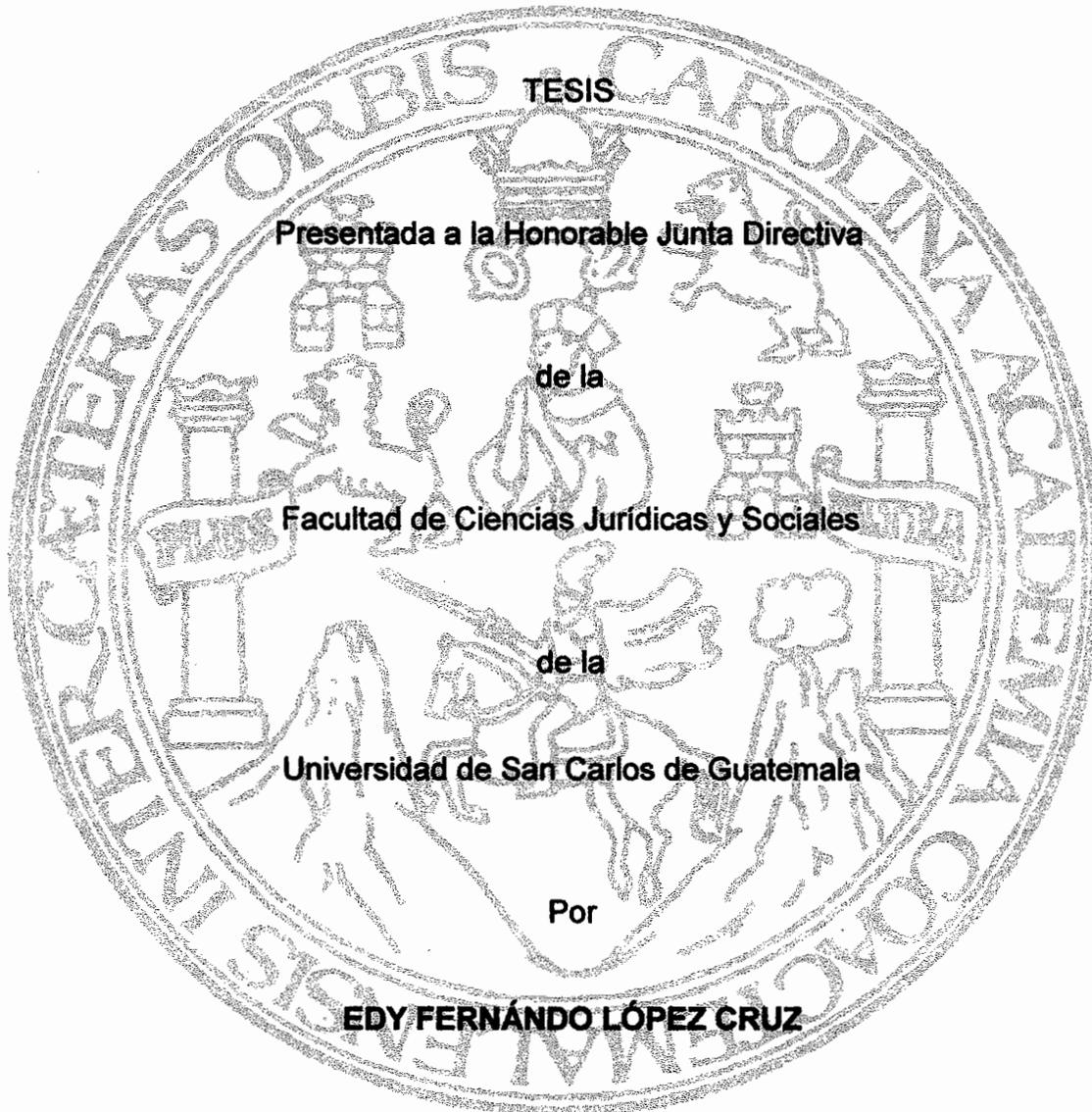
**LA NECESIDAD DE IMPLEMENTAR PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
NEGRAS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

EDY FERNÁNDO LÓPEZ CRUZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES**

**LA NECESIDAD DE IMPLEMENTAR PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
NEGRAS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**



Previo a conferírsele el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES

Guatemala, noviembre de 2014

**HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

DECANO: MSc. Avidán Ortiz Orellana
VOCAL I: Lic. Luis Rodolfo Polanco Gil
VOCAL II: Licda. Rosario Gil Pérez
VOCAL III: Lic. Juan José Bolaños Mejía
VOCAL IV: Br. Mario Roberto Méndez Alvarez
VOCAL V: Br. Luis Rodolfo Aceituno Macario
SECRETARIO: Lic. Luis Fernando López Díaz

RAZÓN: “Únicamente el autor es responsable de las doctrinas sustentadas y contenido de la tesis”. (Artículo 43 del Normativo para la Elaboración de Tesis de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales y del Examen General Público).

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CIENCIAS
JURÍDICAS Y SOCIALES

Ciudad Universitaria, Zona 12

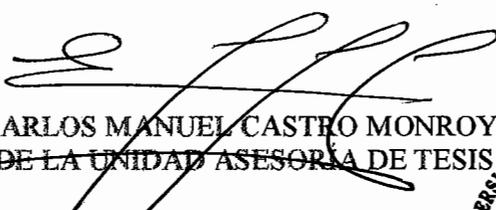


UNIDAD DE ASESORÍA DE TESIS, FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES. Guatemala, dieciséis de noviembre del año dos mil nueve.

ASUNTO: EDY FERNANDO LÓPEZ CRUZ, CARNÉ NO. 9614258. Solicita que para la elaboración de su tesis de grado, se le apruebe el tema que propone, expediente No. 1020-09.

TEMA: "LA NECESIDAD DE IMPLEMENTAR PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA".

Con base en el dictamen emitido por el (la) consejero (a) designado (a) para evaluar el plan de investigación y el tema propuestos, quien opina de que se satisfacen los requisitos establecidos en el Normativo respectivo, se aprueba el tema indicado y se acepta como asesor (a) de tesis al (a la) Licenciado (a) Samara del Carmen Ruiz Albanés, Abogado (a) y Notario (a), colegiado (a) No. 5,822.


LIC. CARLOS MANUEL CASTRO MONROY
JEFE DE LA UNIDAD ASESORIA DE TESIS



Adjunto: Nombramiento de Asesor
c.c. Unidad de Tesis
CMCM/nmmr.



Licda. Samara del Carmen Ruiz Albanés
Abogada y Notaria

Guatemala 27 de marzo del año 2014

Doctor
Bonerge Amilcar Mejía Orellana
Jefe de la Unidad de Asesoría de Tesis
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales



De manera atenta me dirijo a usted con el objeto de manifestarle que en cumplimiento al nombramiento recaído en mí persona de fecha dieciséis de noviembre del año dos mil nueve, en mi calidad de asesora del trabajo de tesis del bachiller Edy Fernando López Cruz, que se intitula: **"LA NECESIDAD DE IMPLEMENTAR PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA"**, procedí a emitir opinión y los arreglos pertinentes, los cuales fueron atendidos por el bachiller, por lo que procedo a dictaminar en el siguiente sentido:

- a) Por el contenido, objeto de desarrollo, análisis, aportaciones y teorías sustentadas por el autor, califico meritoriamente como importante y valedera la asesoría prestada, circunstancias de aplicación y académicas que tienen que concurrir y son atinentes a un trabajo de investigación de tesis de grado.
- b) En relación a la redacción utilizada, se observó que durante el desarrollo de la tesis se empleó una ortografía y gramática acorde. En cuanto a la contribución científica se puede observar que el trabajo desarrollado tiene el contenido científico requerido, pues de su estudio se aprecia lo fundamental de analizar el tratamiento de aguas negras.
- c) Los métodos que se utilizaron fueron: analítico, sintético, deductivo e inductivo. Las técnicas empleadas fueron la documental y de fichas bibliográficas, las cuales fueron importantes para la recolección de la información doctrinaria y jurídica relacionada con el tema investigado.
- d) Se llevaron a cabo las correcciones sugeridas durante la asesoría a la introducción, capítulos, conclusiones, recomendaciones y citas bibliográficas al trabajo de tesis.

=====

14 calle "A" 10-22 zona 1 segundo nivel
Tel: 22207916-22532482

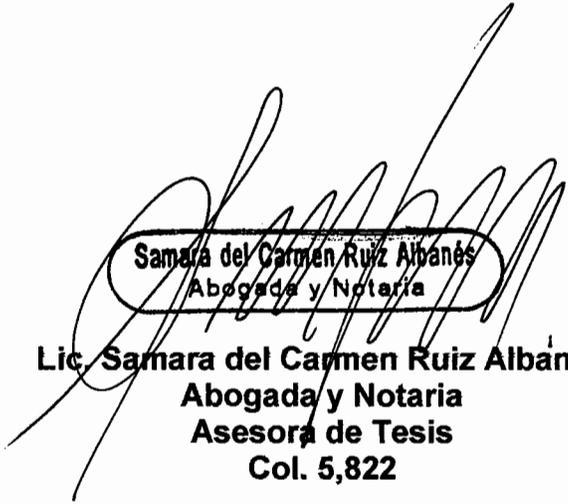


Licda. Samara del Carmen Ruiz Albanés
Abogada y Notaria

- e) En lo relacionado con las conclusiones y recomendaciones se puede claramente establecer que el bachiller analizó la importancia de implementar plantas de tratamiento de aguas negras, que a mi consideración son fundamentales para el trabajo llevado a cabo.
- f) La bibliografía que se utilizó constató que en el desarrollo y culminación del informe final de tesis, se utilizó doctrina de autores nacionales y extranjeros y la misma se ajusta perfectamente al contenido de los capítulos.
- g) He instruido y guiado al estudiante durante las etapas del proceso de investigación científica, aplicando los métodos y técnicas apropiadas, y ello fue de utilidad para la comprobación de la hipótesis planteada de conformidad a la proyección científica de la investigación.

El trabajo de tesis en cuestión reúne los requisitos legales establecidos en el Artículo 32 del Normativo para la Elaboración de Tesis de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales y del Examen General Público, por ende emito **DICTAMEN FAVORABLE**, a efecto de que pueda continuar el trámite correspondiente para su posterior evaluación, previo a optar al grado académico de Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales.

Deferentemente.



Samara del Carmen Ruiz Albanés
Abogada y Notaria

Lic. Samara del Carmen Ruiz Albanés
Abogada y Notaria
Asesora de Tesis
Col. 5,822

14 calle "A" 10-22 zona 1 segundo nivel
Tel: 22207916-22532482



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES. Guatemala, 13 de octubre de 2014.

Con vista en los dictámenes que anteceden, se autoriza la impresión del trabajo de tesis del estudiante EDY FERNÁNDO LÓPEZ CRUZ, titulado LA NECESIDAD DE IMPLEMENTAR PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA. Artículos: 31, 33 y 34 del Normativo para la Elaboración de Tesis de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales y del Examen General Público.

BAMO/srrs.



Lic. Avidán Ortiz Chellana
DECANO





DEDICATORIA

A DIOS:

Al creador supremo, quien dio a su único hijo para darme salvación y mantenerme en su mano siempre y darme fortaleza para luchar día a día.

A MI PADRE:

Roberto López Martínez, a quien admiré, amé y respeté, lo llevo en mi corazón para siempre (Q.E.P.D.)

A MI MADRE:

Romelia Cruz Santos, quien ha dado toda su vida para que yo fuera un hombre de bien con valores, principios cristianos, por su amor y apoyo incondicional, la amo con todo mi corazón.

A MIS HERMANOS:

David, Edgar, Luis y Oscar, quienes han sido parte especial en mi vida los quiero mucho.

A MI ESPOSA:

Nidia Santos de López, por su amor, comprensión apoyo y ayuda la amo con todo mi corazón.

A MI HIJO:

Elí Fernando, a quien vino a formar una parte muy esencial en mi vida ya que eres el ángel que Dios



me envió por esa razón quiero ser un buen ejemplo para ti. Te amo bebé.

A MIS AMIGOS:

Susana, Franklin, Nelson, Nilo, Héctor y Orlando a quienes tuve la dicha de conocer y compartir a lo largo de mi vida.

A MI GRAN AMIGO DE LA UNIVERSIDAD:

Edgar Marroquín, por su apoyo y ayuda no solo durante la carrera sino en el transcurso de la vida.

A MIS AMIGAS DE ESTUDIO:

Shirley, Paula, Odeth, Rosario, por recibirme como amigo y brindarme su amistad que Dios las bendiga.

A MI PAÍS:

Guatemala tierra linda que me vio nacer.

A:

La Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, por brindarme un lugar dentro de sus aulas y enseñarme para ser un buen profesional.

A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala, como gloriosa y tricentenaria forjadora de mis conocimientos.



ÍNDICE

Pág.

Introducción..... i

CAPITULO I

1. Derecho ambiental.....	1
1.1. Definición.....	1
1.2. Antecedentes del derecho ambiental guatemalteco.....	2
1.3. Objeto del derecho ambiental.....	4
1.4. Finalidad.....	9
1.5. Caracteres.....	10
1.6. Principios del derecho ambiental.....	13
1.7. Instrumentos jurídicos al servicio de la protección ambiental.....	18

CAPÍTULO II

2. El agua.....	23
2.1. Integración.....	25
2.2. Localización.....	26
2.3. Ubicación global.....	28
2.4. Estados físicos.....	31
2.5. Ciclo hidrológico.....	35
2.6. Estudio físico del agua.....	39
2.7. Contaminación del agua.....	44



	Pág.
2.8. Contaminantes físicos.....	46
2.9. Contaminantes químicos.....	46
2.10. Eutrofización.....	47
2.4. Clasificación.....	48

CAPITULO III

3. Aguas residuales.....	53
3.1. Aguas blancas.....	55
3.2. Aguas negras.....	56
3.3. Aguas grises.....	57
3.4. Aguas residuales industriales.....	58
3.5. Transporte de aguas residuales.....	61

CAPÍTULO IV

4. La necesidad de implementación de plantas de tratamiento de aguas negras en la ciudad guatemalteca.....	67
4.1. Las aguas negras en la ciudad de Guatemala.....	67
4.2. Proceso físico.....	69
4.3. Proceso químico.....	74
4.4. Proceso biológico.....	77
4.5. Necesidad de implementar plantas de tratamiento de aguas negras en la ciudad de Guatemala.....	79



	Pág.
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	97



INTRODUCCIÓN

El agua y su saneamiento son uno de los principales motores de la salud pública y en cuanto se pueda garantizar el acceso al agua salubre y a las instalaciones sanitarias adecuadas para todos, independientemente de la diferencia de sus condiciones de vida, se habrá ganado una importante batalla contra todo tipo de enfermedades, lo cual se alcanzará mediante la colocación de plantas de tratamiento de aguas negras en la ciudad capital guatemalteca, el cual es el tema que motivó a trabajar el trabajo de tesis que a continuación se presenta.

El agua es referente a la sustancia de mayor importancia que el ser humano emplea, debido a la gran cantidad de la misma que se necesita para las diversas aplicaciones que se presentan como lo son el consumo doméstico, público, agrícola e industrial. También, consiste en el recurso de la naturaleza que está mayormente descuidado, lesionado y desperdiciado debido a su inadecuado o nulo tratamiento después de que es utilizada, llevándose consigo una infinidad de materiales, sustancias, residuos, microorganismos y otros agentes de carácter contaminante que deprecian la calidad con la cual debe contar el agua, convirtiéndose ello en un serio problema.

Con los continuos avances de la tecnología, cultura y científicos del ser humano, se necesita de una capacidad cada vez mayor para la comprensión del entorno en el cual se vuelve más complejo y cambiante, siendo los seres humanos en variadas ocasiones quienes intervienen o propician esos cambios ya sea de manera directa o indirecta, pero siempre con el riesgo latente de encontrarse afectados por las aguas negras.



Con los objetivos especificados se puede establecer que en las plantas de tratamiento de aguas negras se debe llevar a cabo la tarea de limpieza en dos etapas. En la primera, se tienen que asentar las sustancias sólidas y posteriormente retirar el agua; y en la segunda, purificar las aguas negras mediante procesos biológicos. La hipótesis formulada fue comprobada y señaló que a pesar del interés y preocupación por la problemática, en la actualidad las fuentes de información y el acceso a ellas son bien limitadas, siendo fundamental el análisis de las principales características de las aguas negras, así como de la importancia de plantas de tratamiento de las mismas en Guatemala de forma sintetizada para una fácil comprensión de su utilidad y en especial para el estudio y análisis por parte de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El trabajo realizado se redactó en cuatro capítulos: el primer capítulo, señaló el derecho ambiental; el segundo capítulo, indicó lo relativo al agua; el tercer capítulo, estableció las aguas residuales; y el cuarto capítulo, analizó la necesidad de implementar plantas de tratamiento de aguas negras en la ciudad de Guatemala. Los métodos empleados fueron analítico, sintético, inductivo y deductivo y las técnicas utilizadas fueron la documental y de fichas bibliográficas.

La tesis permite comprender un panorama amplio relacionado con las prácticas y procesos para la implementación de plantas para el tratamiento de aguas residuales, para que con las mismas se pueda elegir la forma a tratarlas dependiendo de las características de contaminación, considerando también la utilización que se les otorgue una vez que se haya cumplido con su adecuado tratamiento.



CAPÍTULO I

1. Derecho ambiental

El surgimiento del derecho ambiental como sistema normativo es reciente y ejerce una influencia decisiva en relación a los ordenamientos de otros Estados, siendo el mismo producto de la segunda mitad del siglo XX.

Los motivos de su nacimiento tienen que buscarse en circunstancias diversas, entre las cuales es de importancia hacer mención de la grave situación de deterioro del entorno natural que se ha producido como consecuencia de un proceso vertiginoso de industrialización y crecimiento económico y la consiguiente necesidad de poner limitaciones a esa situación.

La creciente concienciación en relación a la problemática ambiental se abre camino paulatinamente y provoca una gran preocupación social sobre el ambiente y se relaciona directamente con graves episodios de contaminación y otros desastres ambientales que se pueden llegar a presentar.

1.1. Definición

Derecho ambiental es el conjunto de normas que tienen por objeto la regulación de las conductas que inciden directa o indirectamente en la protección, preservación, conservación, explotación y restauración de los recursos naturales bióticos y abióticos.



"El derecho ambiental es el conjunto de principios y normas jurídicas que regulan las conductas individuales y colectivas con incidencia en el ambiente, regulando las relaciones del hombre con su entorno y no de los sujetos privados entre sí".¹

1.2. Antecedentes del derecho ambiental guatemalteco

A continuación se dan a conocer los antecedentes del derecho ambiental de la sociedad guatemalteca:

- a) **Constitución Política de 1965:** se encargó de agotar lo relacionado de manera específica a los recursos naturales, estableciendo para el efecto a los recursos de la naturaleza, así como también los derechos y limitaciones, sin tomar en cuenta una clara dedicatoria o necesidad ecológica o ambientalista que permitiera el nacimiento o la creación de otras normas o leyes derivadas de la misma, en materia propiamente ecológica, conservacionista o ambiental.

Bajo el imperio de esta Constitución Política, se reguló el Instituto Nacional de Transformación Agraria, pero fundamentado políticamente y económicamente en la distribución o adjudicación de tierras sin tomar en cuenta, de ninguna manera el aspecto ambiental o ecológico.

Ello, es en relación a las tierras ociosas, pero no bajo el aspecto protector como reservas ecológicas o tierras de protección, sino que más bien lo que hace es

¹ Juste Ruiz, José Andrés. **El derecho al medio ambiente**. Pág. 60.

introducir una sanción a la tierra que no se encontraba cultivada, y de forma indirecta de la promoción que estas tierras sean debidamente aprovechadas para la agricultura u otros fines, desestimulando, su aspecto ambiental o ecológico debido a que se encargaba de incitar a que las mismas fueran debidamente aprovechadas bajo el temor de una futura expropiación o bien de una multa o sanción económica.

"Además, se sacrificaba de esta manera un bien natural en la búsqueda de un beneficio económico o para evitar la multa o el desapoderamiento de la tierra, o sea, era una invitación a que se aprovechara la tierra, para con ello no permitir la ociosidad y los consiguientes efectos de expropiación o de multa".²

Debido a la Constitución Política anotada, el Estado guatemalteco había declarado, durante el transcurso del tiempo distintas áreas o propiedades de la Nación como parques nacionales o de reserva especial, adscribiéndoles en algunos casos a entes de la investigación, los cuales entre otros casos prestaban servicios forestales o bien a nivel de secciones o departamentos, debido a que no existía un ente forestal, con capacidad y tecnología.

No es hasta después de la promulgación de la Constitución Política de 1965, que apareció el primer ente forestal denominado Instituto Nacional Forestal (INAFOR), desapareciendo con ello la Dirección Nacional Forestal. A través del tiempo, existieron distintas denominaciones para el servicio forestal.

² Solomán Martínez, Mayra América. **Derecho ambiental**. Pág. 45.

También, es de importancia la destacada aportación de que el derecho laboral introdujo en el campo ambiental y la regulación de las diversas condiciones que tienen que reunirse en los centros de trabajo en relación a los ambientes, desempeñando para ello diversas actividades y otros elementos, pero mayormente como mecanismo de protección de la persona humana, lo cual no resta importancia al mismo ambiente.

Además, de las diferentes secciones y departamentos en materia forestal, también existían dependencias estatales relacionadas con el manejo del agua o recurso hídrico, pero más bien ello era en relación a la utilización y manejo del mismo por motivos de salud o como un elemento económico o fuente de energía.

Desafortunadamente, la falta de una legislación apropiada era una de las causas de crisis de la segunda parte del siglo XX, por la cual se podía caracterizar el deterioro de los recursos ambientales.

1.3. Objeto del derecho ambiental

El medio ambiente es una de las primeras dificultades que presenta el derecho ambiental y consiste en la delimitación de su mismo objeto que es el medio ambiente, debido a que existe una unívoca acepción del término medio ambiente.

Pero, se pueden individualizar dos distintas posiciones en relación a ello. La primera, es de carácter restrictivo e incluye en el medio ambiente los elementos naturales de



titularidad común y las distintas características dinámicas relacionadas con el agua y aire, vehículos fundamentales de transmisión, soporte y factores que son esenciales para la existencia del ser humano sobre la tierra, dejando fuera de ello los asuntos como la protección de los espacios naturales o la protección de la fauna y de los bosques.

Existe dificultad inicial para la determinación del objeto sobre el cual recae el derecho ambiental, debido a la imprecisión del mismo.

En todo caso, la tendencia más generalizada que se advierte en los textos normativos, tanto de carácter nacional como internacional consiste en el empleo de un concepto amplio del medio ambiente que otorgue cabida a todos los recursos naturales y a la fauna y a la flora, aunque ello debe llevarse a cabo sin llegar a incluir otros elementos, como el patrimonio cultural, la ordenación del territorio y el urbanismo y las infraestructuras que coadyuvan a la protección ambiental.

- b) Constitución Política de 1985: se ha encontrado influenciada por corrientes ambientalistas nacionales y del extranjero, particularmente por conferencias como la Conferencia de las Naciones Unidas de Ambiente y de Desarrollo y otras de importancia como la Estrategia Mundial para la Conservación Ambiental.

Ello, se encargó de señalar el deterioro del medio ambiente guatemalteco y de presión de muchos ambientalistas, lo cual dio como resultado en algunos casos que la Constitución Política incluyera nuevos artículos y en otros casos recogiera



los artículos ya existentes relacionados con el punto anterior e introdujera nuevos elementos en la historia jurídica del país.

El Estado, la municipalidades y los habitantes del territorio de la República de Guatemala se encuentran obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico del país, para de esa manera prevenir la contaminación del medio ambiente y mantener el equilibrio y aprovechamiento de la fauna y de la flora, de la tierra y del agua, para así evitar racionalmente su depredación.

Bajo esta Constitución Política surgieron entes debidamente especializados en materia ambiental como la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), el Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Las mismas, son entidades rectoras del derecho ambiental y protección del medio ambiente por el Estado guatemalteco.

Sus aportaciones son bien novedosas en relación a la materia de protección del medio ambiente y de las áreas protegidas debido a que no existían, antes de las mismas normas especiales o específicas que regularan esas materias. En relación al aspecto forestal se refiere a que existían otras normativas y leyes que se encontraban dispersas.

Para todo proyecto, obra industrial y cualquier otra actividad que debido a sus características pueda producir deterioro o los recursos naturales renovables o no al ambiente o al introducir modificaciones nocivas o notorias para los recursos



culturales del patrimonio nacional, es necesario previamente el desarrollo de un estudio de evaluación del impacto ambiental.

De esta Constitución Política nacieron dos grandes instituciones: la Comisión Nacional de Medio Ambiente y el Consejo Nacional de Áreas Protegidas.

Con anterioridad, no existían entes especializados en materia ambiental, a excepción de los de corte forestal, como dependencias de menor jerarquía o importancia.

Esa nueva corriente ecológica o ambientalista plasmada en la Constitución Política y como consecuencia de los convenios y reuniones internacionales, además de la creación de ciertos entes administrativos específicos y ambientales, también se encargó de la introducción de cambios profundos en la legislación penal.

Durante el año 1996, surgió una nueva Ley Forestal con la cual se suprimió el servicio forestal existente y surgió una nueva institución denominada Instituto Nacional de Bosques (INAB), que se suma a las dos entidades ambientales anteriormente creadas.

"Es de importancia la intensidad de la influencia que tienen las corrientes ambientalistas en el país, pero no es sino hasta la promulgación de la Constitución Política de 1985 que la ecología y la protección del medio ambiente

han cobrado fuerza y se fundamentan en una norma constitucional, la cual permite el desarrollo de otras leyes proteccionistas o ambientales”.³

Una norma o ley es el fruto del esfuerzo de sectores de la sociedad civil que se preocupan o manifiestan sus inquietudes, para la obtención de las leyes mayormente adecuadas.

El esfuerzo de los sectores ambientalistas de Guatemala han dejado su marca. Lamentablemente, este apoyo o cambio legal no acontece hasta el último decenio del siglo XX, cuando ya se encuentran presentes graves deterioros ambientales a nivel nacional.

Las normas de protección y mejoramiento del ambiente consideran que las sanciones a los delitos forestales no son severas y la Ley de Áreas Protegidas, así como las modificaciones del Código Penal con la introducción de los delitos ambientales, nacen cuando ya existen daños graves y no es hasta ese momento cuando el medio ambiente del país cobra importancia para el legislador y para la sociedad guatemalteca.

La Constitución Política de 1985 es trascendental debido a que se asienta y establece las premisas necesarias para que en la sociedad guatemalteca aparezcan las normas ambientalistas que no obstante cualquier señalamiento de

³ Solórzano Enríquez, José Francisco. **Derecho ambiental guatemalteco**. Pág. 88.

deficiencias o imperfecciones de las mismas, consisten en un principio de importancia.

1.4. Finalidad

La finalidad del derecho ambiental consiste en el resguardo del medio ambiente, el cual ha evolucionado de forma constante durante los últimos años, debido a que si bien es cierto que la normativa ambiental resguarda el medio ambiente, también lo es que de manera tradicional esa protección se encuentre marcada por una visión antropocéntrica y ha tenido un carácter utilitarista o sea, no se protege el ambiente por motivaciones éticas, sino como una condición que permita el aseguramiento del logro de finalidades distintas, como la salud, los intereses económicos y los recreativos.

Justamente, las primeras normas ambientales aparecen para determinar la protección de la salubridad pública y garantizar la protección la explotación de los recursos naturales.

En la actualidad, esta visión, producto de la confluencia de distintos factores, se encuentra cambiando y las últimas tendencias de la legislación ambiental apuntan a la consideración de la protección ambiental como finalidad en sí mismo considerado.

La tutela ambiental pasa de ser una pura condición para la protección de otros bienes jurídicos que buscan convertirse en un bien que, debido a su carácter colectivo y su

valor no disponible, reclama protección autónomamente, en relación al elemento necesario para el desarrollo y el aumento de la calidad de vida.

1.5. Caracteres

El derecho ambiental tiene como finalidad el medio ambiente. El derecho en mención es incidente sobre diversas conductas individuales y sociales para la prevención y para remediar las perturbaciones que lesionan su equilibrio, lo cual presenta una serie de características que lo individualizan. Entre sus características se encuentran las que a continuación se indican:

- a) **Predominio de los intereses colectivos:** no se puede ocultar la dimensión colectiva del derecho ambiental y ello como consecuencia del carácter de supraindividualidad de su objeto jurídico que es el medio ambiente.

Esa dimensión comunitaria se encarga de la especificación del protagonismo que deben tener los poderes públicos como garantes de la tutela ambiental y de la presencia constante de las administraciones públicas en las relaciones tanto jurídicas como ambientales.

- b) **Énfasis preventivo:** debido a que no puede negarse a existencia y la necesidad de los instrumentos de carácter reparador y preventivo, debido a que el derecho ambiental tiene una clara vocación preventiva encaminada a evitar o disminuir la

degradación del entorno ambiental, mediante un conjunto de instrumentos de intervención puestos al servicio de ese objetivo.

- c) Vinculación de los elementos técnicos y científicos: el derecho ambiental es marcadamente vinculado con los datos tanto técnicos como científicos, y debido a ello le es necesario auxiliarse de la técnica. El conocimiento de esos datos permite la fijación de la frontera de las conductas que sean jurídicamente admisibles, así como el establecimiento de la contaminación.
- d) Pluridisciplinariedad: el derecho ambiental se caracteriza debido a ser un derecho multidisciplinario, bajo cuya cobertura se encuentran además del derecho público y del derecho privado, otras ciencias de carácter no jurídico como la física o la biología.

"La auténtica singularidad del derecho ambiental se encuentra que las normas que le dan soporte y que pertenecen simultáneamente al derecho ambiental y a las normas que le dan soporte que pertenecen a otros ordenamientos de los cuales no se separan para constituir el derecho ambiental y como consecuencia de esa pluridisciplinariedad se encuentra la dispersión normativa que caracteriza al derecho ambiental".⁴

- e) Vocación disciplinaria: el derecho ambiental cuenta con una clara vocación debido a que su objeto no tiene fronteras. La problemática ambiental puede

⁴ De Miguel Perales, Carlos Antonio. **Derecho del medio ambiente**. Pág. 70.

contar con consecuencias irreparables, a pesar de que los mismos adopten estrictas medidas jurídicas de protección dentro de su territorio.

No debe extrañarse por ende, que su ambición sea universalista y que sea tendiente a un examen global de las problemáticas ambientales que con posterioridad se traducen en la adopción de medidas concretas.

El derecho ambiental dispone de una serie de principios jurídicos y de una amplia gama de instrumentos ya sea específicos o bien tomados en consideración como ámbitos jurídicos que se encuentren al servicio de la protección ambiental que le confiere perfiles diferenciados.

El derecho ambiental no puede ser calificado como una rama autónoma del derecho. Efectivamente, no puede disponerse del derecho ambiental con una plena autonomía del derecho.

Por ende, se considera mayormente adecuado situar el derecho ambiental como un ordenamiento jurídico intersectorial, aunque integrado esencialmente en el derecho administrativo.

El protagonismo del régimen tanto jurídico como administrativo en el derecho ambiental, tiene relación con otras ramas del derecho en la protección del medio ambiente.

1.6. Principios del derecho ambiental

El derecho ambiental debe enmarcarse dentro de una serie de principios que lo individualizan y lo diferencian de otros sistemas normativos.

En determinados casos, esos principios se encuentran normativizados y en otros se encuentran recogidos en las declaraciones o resoluciones, o sencillamente se han extraído de la normativa ambiental. Entre esos principios, se pueden diferenciar los estructurales y los funcionales.

- a) **Desarrollo sostenible:** tiene una gran trascendencia para el derecho ambiental, siendo su formulación la procedente de la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para la satisfacción de las suyas.

"Después, el desarrollo sostenible se convierte en el núcleo central del ejercicio equitativo de las necesidades de desarrollo sostenible entre el crecimiento económico, en donde por un lado se brinda protección ambiental y por el otro se inspira la intervención pública de ese ámbito".⁵

- b) **Ubicuidad:** a través del principio en estudio, se expresa la circunstancia de que en el derecho ambiental se encuentran implicados todos los ciudadanos y prácticamente todos los poderes públicos.

⁵ **Ibid.** Pág. 97.

Por un lado, a diferencia de otros derechos como destinatarios, el derecho ambiental lesiona a todos los ciudadanos, en la medida en que todos ellos son agentes contaminadores y a la vez víctimas de la contaminación.

Por otro lado, el medio ambiente es una materia en la cual debido a sus implicaciones, ven involucradas sus competencias las diversas autoridades públicas y no solamente las que de forma directa ejercen competencias ambientales.

Esa circunstancia, explica claramente la adopción de nuevas estrategias que sustituyen claramente el enfoque sectorial y vertical precedente.

- c) **Globalidad:** con el principio en mención se evidencia con la dimensión de la problemática ambiental y con la necesidad de diseñar planteamientos globales para dar respuesta a los mismos.

Al mismo tiempo, la globalidad pone de manifiesto la conveniencia de abordar algunos problemas ambientales a través de acciones concretas contribuyentes a la mejora del medio ambiente como del interés colectivo, que corresponde a toda la humanidad.

De ello, deriva que de manera tradicional el principio de globalidad se traduzca en el aforismo pensar globalmente y actuar localmente.

- d) **Subsidiariedad:** es el correlato de la globalidad que implica una reorientación con la intervención sobre los problemas ambientales a nivel político y administrativo mayormente adecuados.

Por ende, si es suficiente una actuación local para el logro de los objetivos perseguidos, no es necesario acudir a otro que sea superior.

- e) **Solidaridad:** es de importancia extrema para la tutela del medio ambiente, siendo su imperativo no únicamente ético, sino también práctico, debido a que la base de la mayoría de los sistemas naturales buscan el desarrollo del país sostenible, lo cual requiere de asistencia.

Este principio se hace manifiesto en dos dimensiones que son la solidaridad interterritorial y la solidaridad intergeneracional.

Los Estados tienen que cooperar con espíritu de solidaridad para la conservación, protección y restablecimiento de la salud y de la integridad del ecosistema. En vista de ello, se ha contribuido en diversas maneras a la degradación del medio ambiente.

Los países desarrollados reconocen la responsabilidad de la búsqueda internacional del desarrollo sostenible, en vista de las diversas presiones que sus sociedades ejercen en el medio ambiente y de las tecnologías y de los recursos financieros de que disponen.

También, tienen que responder a la solidaridad de las generaciones futuras para que las mismas puedan disfrutar del medio ambiente.

- f) **Acción preventiva:** es fundamental en la actuación ambiental y ello se traduce en una preferencia en relación al empleo de la actuación previa para con ello evitar la producción del deterioro ambiental.

En este principio, se encuentran enmarcados un elevado número de instrumentos de protección ambiental entre los cuales es de importancia destacar el sometimiento a la autorización administrativa de las diversas actividades con incidencia ambiental y la evaluación del impacto ambiental.

- g) **Precaución:** se encuentra en íntima relación con el principio de prevención, también se le denomina de cautela y permite la adopción de medidas de protección del medio ambiente cuando exista peligro de daños graves e irreversibles, aun cuando falte una plena certeza científica sobre los riesgos derivados de determinadas actividades.

"El principio de precaución constituye en definitiva, un mecanismo de gestión del riesgo y de su aplicación, la cual se tiene que basar en un análisis de los beneficios potenciales y de los costos de la intervención o no intervención de los poderes públicos".⁶

⁶ Font Llovet, Daniel Alejandro. **Técnica, riesgo y derecho ambiental.** Pág. 22.

h) **Corrección de los atentados al medio ambiente:** el mismo consiste en la fuente misma del principio de causalidad, el cual obliga a no limitar la intervención administrativa en el último estadio en el cual se manifiesta la contaminación o degradación del medio ambiente, sino en la búsqueda de su foco originario para la corrección de la actuación contaminante lo más cercanamente posible de la fuente, tanto por motivaciones de orden técnico como de tipo económico.

i) **Traslación del agente causante de un daño:** sobre el medio ambiente de la obligación de asumir los costos necesarios para su reparación. Constituye una materialización de este principio los tributos ambientales y la responsabilidad por daños ambientales y por la responsabilidad jurídica.

Las autoridades nacionales tienen que procurar el fomento de la internacionalización de los costos ambientales y de la utilización de instrumentos económicos tomando en consideración el criterio de que el contamina debe cargar con los costos de la contaminación, señalando el interés público sin distorsionar el comercio y las inversiones.

j) **Integración.** se emerge con fuerza la necesidad de integración de las exigencias protectoras del medio ambiente en el resto de políticas. Una intervención eficaz en defensa del medio ambiente reclama la superación de la tradicional consideración aislada y sectorializada de la problemática ambiental, sustituyéndola por un nuevo enfoque que permita una visión mayormente

integrada, así como la introducción de la variable ambiental en otros sectores de la intervención administrativa.

1.7. Instrumentos jurídicos al servicio de la protección ambiental

El derecho ambiental dispone de una amplia gama de instrumentos jurídicos, para la consecución de las finalidades de protección ambiental que se plantea como meta.

Algunos de ellos son específicamente ambientales, la gran mayoría, sin embargo provienen de otras disciplinas jurídicas. A efectos sistematizadores y con la finalidad de ofrecer una panorámica lo más completa posible, se puede agrupar al elevado grupo de grandes bloques en atención a la función que desempeñan que son los de carácter preventivo y los de carácter represivo y reparador.

Los instrumentos preventivos constituyen una manifestación del principio de acción preventiva, al cual se hace referencia con anterioridad y tiene como finalidad última evitar o minimizar la producción de daños al medio ambiente.

Dentro los instrumentos preventivos, ocupa un lugar destacado la autorización administrativa que constituye uno de los ejes técnico jurídicos del derecho ambiental.

El sometimiento a autorización administrativa previa de las actividades potenciales contaminantes del medio ambiente, ha sido una constante en las distintas legislaciones ambientales, por tratarse de un mecanismo que permite a la administración la



realización de un control antes de su instalación efectiva y también posterior como instrumentos claramente preventivos y estrechamente ligados a ésta, en cuanto al establecimiento de prohibiciones y limitaciones administrativas por parte de la legislación ambiental.

El sometimiento a autorización administrativa anterior a las actividades potencialmente contaminantes del medio ambiente, ha sido una constante en las diversas legislaciones ambientales, por tratarse de un mecanismo que permite a la administración la realización de un control antes de su efectiva instalación y también como instrumentos claramente preventivos y estrechamente ligados a ésta, en cuanto al establecimiento de prohibiciones y limitaciones administrativas por parte de la legislación ambiental y la fijación de estándares ambientales mediante los cuales se determinan los niveles máximos admisibles de contaminantes en el medio.

También, constituyen una manifestación del principio de acción preventiva las declaraciones administrativas con efectos jurídicos. Entre ellas, se destaca la declaración de dominio público de algunos recursos naturales, llevada a cabo por países con la finalidad de excluirlos del tráfico jurídico y someterlos a un régimen de control y de protección intenso.

Se tiene que hacer mención de las técnicas de incentivo o fomento económico entre las cuales se encuentran los tributos ambientales y otros beneficios fiscales, las subvenciones y ayudas públicas, y otros instrumentos novedosos como el etiquetado ecológico y las auditorías ambientales, siendo estas últimas las que constituyen



distinciones o certificaciones otorgadas por una administración pública a aquellas empresas que reúnen determinadas características de calidad.

El empleo de estos distintivos, además de suministrar a los consumidores productivos otorga a la empresa importantes beneficios de tipo publicitario.

Al lado de la previsión de los instrumentos de carácter preventivo, es necesario el establecimiento de un catálogo de las técnicas de carácter represivo que permita la enérgica persecución y sanción de aquellas conductas que sean contrarias a la normativa aplicable.

Se sitúan aquí la responsabilidad civil por daños ambientales, la responsabilidad penal y la responsabilidad administrativa, cuya finalidad última consiste en la represión de las conductas transgresoras y la reparación del daño causado. No se tiene que ocultar que estos instrumentos, también cuentan con una finalidad preventiva por el efecto disuasorio que provocan en el agente contaminador.

Los instrumentos jurídicos utilizados por el derecho ambiental tienen que ponerse de relieve en cuanto a su constante evolución y adaptación. Esas técnicas han ido evolucionando y adaptándose a las necesidades que plantean las nuevas circunstancias políticas, económicas y sociales, entre otras.

Originalmente, la tutela ambiental giró casi de manera exclusiva en relación a las técnicas clásicas de policía administrativa. En dicho contexto, el establecimiento de



prohibiciones, la autorización administrativa, la fijación de parámetros ambientales, la inspección y a sanción se convirtieron en el eje del derecho ambiental, situado de forma clara en una perspectiva de control y limitación de las actividades privadas.

Ante la grave situación de deterioro ambiental que existe y la ineficacia de los tradicionales instrumentales de limitación directa, han aflorado nuevas técnicas de regulación indirecta que contribuirán a poner freno al progresivo deterioro ambiental, mediante una mayor intervención de los agentes privados y de la introducción de instrumentos de tipo iniciativo y de autorregulación.



CAPÍTULO II

2. El agua

Consiste en un elemento esencial y es prácticamente la fuente de toda vida, constituyendo parte integrante de todos los tejidos animales y vegetales, siendo fundamental como canal para el proceso de las funciones orgánicas, pero, también necesaria para toda una serie de usos humanos que proporcionan un mayor bienestar, que abarca desde la salud y la alimentación, hasta la industria y el esparcimiento.

El agua se encuentra en la naturaleza de diversas formas y características y cada una de ellas tiene una función esencial dentro del ecosistema.

El planeta cuenta con 1,380 de kilómetros cúbicos de agua y la misma si se pudiera separar de la fase sólida y colocarse en el espacio, se formaría una esfera de 2,400 kilómetros de diámetro, lo cual aparenta ser demasiado y sin embargo, sería más pequeña que muchos de los cuerpos de hielo que se encuentran en el sistema solar.

"El tipo de agua que debido a sus características y propiedades es la de mayor utilidad al ser humano es el agua dulce, en la cual existe una gama de componentes de disolución en pequeñas proporciones y debido a sus características físicas y químicas la hacen apta para los diversos usos del ser humano".⁷

⁷ Romero Baez, José Rodrigo. **Calidad del agua**. Pág. 33.

El agua dulce es únicamente una pequeña parte del total de la masa de agua existente en la tierra de la cual muy poca puede ser efectivamente aprovechada debido a que la mayor parte de ésta se encuentra en estado sólido en los casquetes polares. Es vital la distribución de ese líquido en el planeta y ello no es uniforme en el espacio ni en el tiempo.

Existen regiones que cuentan con enormes extensiones de agua, mientras en otras existe una gran escasez. También, en la mayoría de los países únicamente llueve durante unos cuantos meses.

Se ha estimado que la humanidad consume alrededor de una quinta parte del agua de escorrentía que va a terminar en el mar, siendo la mayoría en prácticas agrícolas, y se ha pronosticado que esta fracción aumentará a unas tres cuartas partes.

La cantidad de agua de bebida que necesita anualmente el hombre y los animales domésticos consiste en 10 toneladas por cada tonelada de tejido vivo.

"Las necesidades de la industria en relación al agua y del transporte alcanzan de una a dos toneladas por cada tonelada de producto en la manufactura de ladrillos, 250 toneladas por cada tonelada de papel y 600 toneladas por cada una de nitrato fertilizante. Inclusive, la mayoría de estas cantidades es pequeña en comparación con la que se necesita en la agricultura".⁸

⁸ *Ibid.* Pág. 45.

El desarrollo de una tonelada de caña de azúcar o maíz en regadío consume alrededor de mil toneladas de agua, la cual es transformada en líquido a vapor tanto por la evaporación del suelo como por la transpiración de la planta. El trigo, el arroz y el algodón necesitan de manera respectiva alrededor de 1,500, 4,000 y 10,000 toneladas de agua por tonelada de cosecha.

Con las cifras anotadas se puede formular una idea de su gran importancia, así como de las grandes cantidades que son necesarias de éste líquido fundamental para poder sobrevivir y llevar a cabo las distintas actividades, debido a lo cual es necesario tener conocimiento de ellas y del adecuado uso que se le tiene que dar, si no se quiere alterar de forma irreversible el equilibrio ecológico.

2.1. Integración

De conformidad con la química inorgánica, el agua consiste en un compuesto de carácter químico cuya fórmula es H_2O , y la misma contiene en su molécula un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno.

A temperatura ordinaria consiste en un líquido insípido, inodoro e incoloro en cantidades pequeñas y en grandes cantidades retiene las radiaciones del rojo.

El agua se encarga de cubrir el 72% de la superficie del planeta tierra y es representativo del 90% de la masa de los seres vivos. Es referente a una sustancia relativamente abundante aunque supone el 0.022% de la masa de la tierra.

Se puede encontrar esta sustancia en prácticamente cualquier lugar de la biosfera y en los tres estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gaseoso.

A pesar de que el agua de los mares y océanos pareciera ser de color azul verdoso, el agua es incolora.

El color que se observa consiste en el resultado de difusión, absorción y sobretodo es la reflexión de la luz que penetra a la superficie marina y oceánica.

De esa forma, por una parte lo observado se encuentra bajo la dependencia de la intensidad de la luz que es incidente sobre la superficie, la presencia de nubosidad y el estado de agitación del agua. Por otro lado, el color que se observa puede depender de la concentración de partículas, organismos o microorganismos presentes en suspensión en una zona determinada.

De esa forma, la cercanía de ciertas costas y desembocaduras de ríos, permite que el agua pareciera ser de color marrón amarillo y hasta rojiza, producto de los sólidos en suspensión que son llevados desde la tierra hacia los mares u océanos.

2.2. Localización

El agua es una sustancia sencilla bastante abundante en la biosfera. Los casquetes polares, océanos, glaciares, lagos, ríos, suelo y la atmósfera contienen agua en una forma u otra hasta alcanzar 1,386 millones de kilómetros cúbicos.

La misma, es singular en casi todas sus propiedades físicas y se encuentra en el extremo de un tipo de propiedades. Sus características extraordinarias físicas le confieren a su vez propiedades químicas que son únicas. La importancia biológica del agua, es procedente de características fisicoquímicas.

El agua se supone, de conformidad con lo anotado que tiene su origen en la misma formación de la tierra, la cual se formó en los tiempos geológicos en reacciones internas de la misma, expulsándose al exterior en los procesos eruptivos.

En cualquiera de las dos teorías por escala humana, se puede considerar que las aguas se mantienen prácticamente constantes a lo largo del tiempo, encontrándose sometidas a un ciclo hidrológico donde la radiación solar consiste en la fuente de energía que las hace funcionar.

También, la limitación de las disponibilidades de agua dulce de forma global es producida mediante un reparto desigual en las diversas superficies continentales, permitiendo con ello la presencia de zonas de abundancia y zonas de escasez.

Todo ello, deriva como consecuencia de las circulaciones de las zonas mayormente cálidas hacia las más frías en los polos, así como también debido a la desigual distribución de las tierras, los mares y la orografía entre otras.

A lo largo del tiempo, se producen variaciones mayormente o menormente cíclicas en función de la mayor o menor distancia de la tierra al sol, así como las variaciones de

energía solar o de perturbaciones de tipo eruptivo en la tierra, la cuales tienen que disiparse en el tiempo.

2.3. Ubicación global

A continuación se dan a conocer los principales cuerpos de agua que existen en el planeta:

- a) **Aguas oceánicas:** para una clara comprensión del concepto de agua oceánica es fundamental hacer mención de su origen. El auténtico origen del agua oceánica consiste en un misterio para los científicos, pero existen diversas teorías, siendo una de ellas la de mayor credibilidad.

Cuando la superficie de la tierra se enfrió, el vapor condensado cayó de manera de lluvia y forma de charcos y lagos que al ir extendiéndose y uniéndose, dieron origen a los primeros océanos del planeta.

Los océanos han sido divididos de forma convencional y para ello se ha utilizado un criterio geográfico que físicamente no existe: océano Glacial Ártico, océano Atlántico, océano Pacífico, océano Índico y océano Glacial Antártico.

Los mismos cubre el 71% de la superficie de la tierra, desde su formación hace casi 4000 millones de años los océanos contienen la mayor parte del agua líquida del planeta, siendo el Pacífico el mayor de ellos.

La profundidad de los océanos es bien variable de conformidad con las zonas de relieve oceánico, pero es bien escaso en comparación con la superficie. Se estima que la profundidad media tiene unos 4 kilómetros. La parte mayormente profunda se encuentra en las fosas alcanzando 11,033 metros de profundidad.

En los océanos existe una capa superficial de agua templada, la cual llega hasta una profundidad bien variable de conformidad con las zonas, de entre unas decenas de metros hasta los 400 o 500 metros.

"Las corrientes oceánicas trasladan grandes cantidades de calor de las zonas ecuatoriales a las polares. Las mismas, unidas a las corrientes atmosféricas son las responsables de que las diferencias térmicas en la tierra no sean tan fuertes como las que se presentan en un planeta sin atmósfera ni hidrosfera. Por ello, su influencia en el clima es notable".⁹

Los términos océano y mar se utilizan con frecuencia como sinónimos para hacer referencia a las extensiones de agua salada, siendo el mar una masa de agua sustancialmente menor que un océano.

Los mares consisten en porciones determinadas en los océanos y tienen dimensiones menores que éstos, de conformidad con sus características han recibido diversos nombres aunque esa nomenclatura es completamente arbitraria. Los mares se pueden clasificar en tres grupos que son:

⁹ Lahera Andrade, Vivian Alejandra. **Uso sustentable del agua en las ciudades**. Pág. 66.

- **Mares interiores:** se denominan mares cerrados y se encuentran limitados por la masa continental, como el Mar Muerto y son propios de la gran evaporación.

- **Mares costeros:** también se les llama litorales y son los que se encuentran ubicados en los bordes de los océanos.

- **Mares continentales:** se encuentran cerrados casi por completo teniendo poca comunicación con el océano.

- b) **Aguas continentales:** son aquellos cuerpos de aguas permanentes que se encuentran en el interior, ello es, que están en tierra firme alejados de las zonas costeras.

Las aguas continentales han perdido su salinidad a través de la evaporación, debido a que al pasar al estado gaseoso, se limitan de cualquier sustancia que sea de naturaleza sólida.

Las mismas, son representativas de las diversas formas en las cuales puede encontrarse distribuida el agua en un continente.

El agua de los continentes denominada agua continental se conforma por tres modalidades: aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas que se encuentran congeladas o glaciares.

Por dos grandes ecosistemas, se encuentran integradas las aguas continentales:

- **Aguas estancadas:** se les llama también lénticas y abarcan las aguas interiores que no presentan corriente continua alguna. A este grupo son pertenecientes los lagos, lagunas, charcas, humedades y pantanos. En estos sistemas, de conformidad con su tamaño, pueden existir movimientos de agua como las olas y las mareas.
- **Aguas corrientes:** denominadas también lólicas y las mismas son las que abarcan las masas de agua que se mueven de forma continua en una misma dirección. Por ende, existe un movimiento bien definido y de avance irreversible. Esta sistema abarca los manantiales, esteros y ríos.

Los ecosistemas lénticos se diferencian de los lólicos debido a la fuerza de la corriente y del intercambio entre la tierra y el agua, así como en relación a la cantidad de oxígeno contenido en el agua.

2.4. Estados físicos

En el planeta el agua se encuentra en cuatro estados físicos: sólido, líquido, gaseoso y plasma.

En los tres primeros estados anotados, las moléculas son iguales y las diferencias se deben al tipo de interacciones que existen entre ellas en cada caso.

En el procedimiento de pasar de un estado a otro, se forman o rompen los distintos enlaces moleculares, mientras que en los enlaces intermoleculares permanecen intactos, es decir se mantiene el mismo compuesto sin cambiar sus propiedades químicas.

- a) **Sólido:** en el agua sólida las moléculas se ordenan de forma que las mismas ocupan un mayor espacio en relación a si se encontraran en estado líquido, presentando para el efecto una estructura abierta.

El mismo, consiste en una característica exclusiva del agua, debido a que todos los demás líquidos al solidificarse contraen su volumen, en cambio en el agua éste se expande.

El agua al encontrarse en estado sólido, todas las moléculas se encuentran unidas a través de un enlace de hidrógeno, el cual consiste en un enlace intermolecular. Ello, es de importancia debido a que en la mayor parte de los líquidos la temperatura disminuye cuando son expuestos al aire frío, debido a lo cual el líquido frío se hunde forzando a subir más líquido y ser enfriado por el aire.

Después, todo el líquido pierde calor al aire y se congela de abajo hacia arriba hasta estar completamente congelado. Pero, con el agua las regiones frías son menos densas, permanecientes a la superficie, permitiendo con ello que las regiones más calientes se mantengan.

- b) **Líquido:** el agua líquida se comporta como el resto de los fluidos en donde tienen masa, ocupan un lugar determinado y se adaptan al recipiente que les contiene. La estructura molecular del agua líquida consiste en una red de puentes de hidrógeno, con moléculas que cuentan con determinada movilidad.

Si el agua se encuentra en un estado líquido al contar con más temperatura, aumenta con ello la energía cinética de las moléculas, por ende el movimiento de las moléculas es mayor, produciendo para el efecto quiebras en los enlaces del hidrógeno, quedando algunas moléculas sueltas, las cuales en la mayoría se encuentran unidas pero con libertad de desplazarse. Lo anotado, es lo que el estado líquido proporciona.

"Es necesario una gran cantidad de energía para calentarla, y de esa forma perder una gran cantidad de energía para enfriarse. Consecuentemente, los inmensos cuerpos de agua en la tierra ayudan a mantener la atmósfera".¹⁰

- c) **Gaseoso:** consiste en el estado gaseoso de las moléculas de agua que se separan por completo unas de otras.

La energía cinética consiste en que se rompen todos los enlaces de hidrógeno, quedando únicamente todas las moléculas libres. El vapor de agua no es invisible como el aire, vapor que observa sobre el agua en ebullición o en el

¹⁰ **Ibid.** Pág. 80.

sentido emitido sea por clima frío. Cuando los líquidos se evaporan, se extraen calor de sus alrededores.

Una parte de importancia y esencial de este fenómeno consiste en el elevado calor latente de evaporización del agua. Ello, significa que toma mayor energía evaporar agua que muchos otros líquidos.

- d) Plasma: el agua en estado plasma consiste en la glacial que se encuentra sometido a temperaturas extremas y presiones de orden cirogénico, y que adquieren una elevada capacidad subliminal al pasar de sólida a vapor por la acción energética de los elementos que le integran de oxígeno e hidrógeno, y del calor que se encuentra atrapado durante el proceso de congelación y expansión.

Es decir, debido a su situación de confinamiento a grandes profundidades se deshiela de forma parcial.

Ello es generador de vapor a una temperatura ligeramente hacia arriba del entorno, que es suficiente para socavar y formar cavernas en el interior de los densos glaciales.

Esas grutas, que además contienen agua proveniente de sistemas subglaciales, involucran a las tres fases actuales del agua, donde al interactuar en un congelado ambiente subterráneo y sin la acción del viento se transforman en el cuarto estado del agua que es el referente al plasma semilíquido o gelatinoso.

2.5. Ciclo hidrológico

Se le denomina ciclo hidrológico al movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendente primero por las precipitaciones y después en forma de escorrentía superficial y subterránea.

La escorrentía subterránea es más lenta que la superficial, debido a que la misma confiere al ciclo algunas características esenciales, como que los ríos sigan con un caudal mucho tiempo después de las últimas precipitaciones.

Las aguas subterráneas no son más que una de las fases o etapas del ciclo de agua, no tienen ningún origen misterioso o profundo. Ellas aparecen ajenas al ciclo en regiones desérticas.

Son aguas que se han infiltrado hace decenas de miles de años, cuando esas mismas zonas desérticas no eran de esa manera. Tanto, éstas como las aguas fósiles son pertenecientes al ciclo hidrológico, pero han estado aparentemente apartadas a él durante un período bien prolongado.

Todas sus fases comenzando desde cualquier punto, pueden iniciarse mediante el estudio de la precipitación y de la consideración respectiva de los caminos que se pueden seguir.

Los procesos principales que están implicados en el ciclo del agua son los siguientes:

- a) **Evaporación:** consiste en el proceso principal a través del cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso. La evaporación es el proceso mediante el cual el agua líquida de los océanos ingresa a la atmósfera en forma de vapor, regresando al ciclo del agua.

Los océanos, mares, lagos y ríos proveen el 90% de la humedad a la atmósfera vía evaporación y el restante 10% proviene de la transpiración de las plantas. El calor es necesario para que pueda ocurrir la evaporación.

La energía es empleada para romper los enlaces que mantienen unidas a las moléculas de agua, es por ello, que el agua se evapora más fácilmente en el punto de ebullición, pero se evapora más lentamente en el congelamiento. Cuando la humedad relativa del aire es del 100% que es el punto de saturación, la evaporación no puede continuar ocurriendo.

La gran superficie de los océanos propicia la ocurrencia de la evaporación a escala elevada.

A escala global, la misma cantidad de agua se evapora y vuelve nuevamente como precipitación. Ello, sin embargo varía geográficamente sobre los océanos y la evaporación mayormente común es la precipitación.

La mayor parte del agua que se evapora de los océanos, cae de vuelta sobre los mismos como precipitación y únicamente el 10% del agua evaporada desde los

océanos, es transportada hacia tierra firme y cae de forma de precipitación. Después de evaporada, una molécula de agua permanece alrededor de diez días en el aire.

- b) **Condensación:** es el proceso mediante el cual el vapor de agua del aire se convierte en agua líquida. La condensación es de importancia para el ciclo del agua, debido a que forma las nubes. Esas nubes pueden llegar a producir precipitación, el cual es el motivo fundamental por medio del cual el agua vuelve a la tierra.

Inclusive en aquellos días en los cuales el cielo se encuentre completamente despejado de nubes, el agua continúa en forma de vapor de agua y pequeñas gotas que son demasiado pequeñas como para poder ser percibidas. Las moléculas de agua se combinan con diminutas partículas de polvo, humo y sales para integrar gotas de nube que crecen e integran las nubes.

Las nubes se forman en la atmósfera por la cual el aire que contiene el vapor de agua se eleva y enfría. Lo importante de este proceso, consiste en que el aire cercano a la tierra es calentado debido a la radiación solar.

La razón por la cual el aire se enfría sobre la superficie terrestre, consiste en la presión de aire. A mayores latitudes, existe una menor cantidad de aire, y por ello, una menor cantidad de aire ejerciendo presión, lo cual provoca el enfriamiento del aire.

- c) **Precipitación:** consiste en el agua liberada de las nubes en forma de lluvia, nieve o granizo. Consiste en el proceso principal mediante el cual retorna a la tierra. La mayor parte de la precipitación cae como lluvia.

Las nubes contienen vapor de agua y gotas de nube, que son demasiado pequeñas como para caer en forma de precipitación, aunque son lo suficientemente grandes como para formar nubes visibles. El agua se encuentra continuamente evaporándose y condensándose en el cielo.

La mayor parte del agua condensada en las nubes, no cae como precipitación debido al aire ascendente que soportan a las nubes. Para que pueda ocurrir la precipitación primero pequeñas gotas tienen que condensarse. Las gotas de agua colisionan y producen gotas de mayor tamaño y lo suficientemente pesadas como para caer de la nube en forma de precipitación.

- d) **Filtración y escorrentía:** la precipitación sobre la superficie de la tierra continuará diferentes caminos antes de volver al inicio del ciclo. Una parte del agua será aprovechada por los seres vivos, vegetales y animales.

Otra parte va a parar al mar por medio de la escorrentía superficial, que puede transcurrir por lechos formados en el transcurso del tiempo como los ríos o los torrentes. En este camino hacia el mar se produce una filtración hacia el subsuelo formando escorrentía subterránea.

El agua puede ser almacenada en la superficie, lagos o embalses superficiales, y en el subsuelo en los acuíferos subterráneos. Todo este sistema de escurrimiento, infiltración y almacenamiento es completamente interactivo debido a que existe normalmente un flujo continuo entre todos los sistemas.

Por ello, existen ríos que desaparecen, formando ríos subterráneos, y vuelven a aparecer kilómetros más adelante. Del mismo modo, la interacción entre los acuíferos y el mar pueden llegar a originar la intrusión marina, penetración del agua, mar y de los distintos acuíferos.

De la misma forma ocurre con la energía, el total de agua que existe en la naturaleza puede llegar a considerarse con un valor constante y lo que cambia es su forma pero no su cantidad.

2.6. Estudio físico del agua

"El agua pura es un líquido insípido e inodoro. Cuenta con un matiz azul, que únicamente puede ser detectado en capas de gran profundidad. A presión atmosférica tiene 760 milímetros de mercurio, y su punto de congelación es de 0 grados centígrados, así como el de ebullición es de 100 grados centígrados".¹¹

El agua alcanza su densidad mayor a una temperatura de 4 grados centígrados y se expande al congelarse.

¹¹ *Ibid.* Pág. 91.

El agua puede existir en estado sobredefinido, o sea, que puede permanecer en estado líquido aunque su temperatura esté por debajo de su punto de congelación y se puede enfriar fácilmente a unos 25 grados centígrados sin que se congele. Sus propiedades físicas se emplean como patrones para definir, escalas de temperatura.

- a) **Turbiedad:** consiste en la expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan mediante una muestra de agua, en otras palabras, la turbiedad consiste en una propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida mediante la suspensión.

La turbiedad en el agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.

La determinación de la misma es de gran importancia en aguas para consumo humano y en gran cantidad de industrias procesadoras de alimentos y bebidas.

Los valores de turbiedad son de utilidad, para la determinación del grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y consecuentemente la tasa de filtración más adecuada, es la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentos y filtración, así como para determinar la potabilidad de agua.

- b) **Color:** el agua pura es incolora, pero las sustancias naturales presentes en ella le proporcionan determinadas tonalidades.

El agua polucionada puede contener una gran variedad de compuestos colorantes orgánicos, minerales o ambas. Los desechos industriales dan a las aguas, algunas veces, colores característicos pero generalmente es difícil relacionar de forma directa de color polución.

"La causa mayormente común del color del agua es la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución, así como el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera y raíces en diferentes estados de descomposición, y la presencia de ácido húmico y algunos residuos industriales".¹²

El color natural en el agua existe primordialmente por efecto de las partículas coloidales cargadas de forma negativa, debido a ello, su remoción puede alcanzarse de un coagulante e una sal de ion metálico trivalente.

La remoción de color es una función del tratamiento de agua y ello se lleva a la práctica para hacer un agua adecuada para usos generales o industriales.

La determinación del color consiste en un tema importante para la evaluación de las características del agua, la fuente del color y la eficiencia del proceso empleado para su remoción.

¹² **Ibid.** Pág. 122.

- c) **Olor y sabor:** en el agua con frecuencia ocurren juntos y en general son prácticamente indistinguibles. Pueden ser las causas de olores y sabores en el agua, entre las más comunes se encuentran la materia orgánica en solución, ácido sulfúrico, cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, hierro, fenoles, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas y hongos.

La determinación del olor y el sabor en el agua es de utilidad para la evaluación de la calidad de la misma y su aceptabilidad por parte del consumidor, para el adecuado control de los procesos de una planta y para la determinación en muchos casos de la fuente de una posible contaminación. Tanto el color como el sabor pueden ser descritos cualitativamente y ello es bien útil especialmente en casos de reclamos por parte del consumidor, en general los olores son especialmente en casos de reclamos por parte del consumidor.

- d) **Temperatura:** la determinación exacta de la misma, es de importancia para los distintos procesos de tratamiento y de análisis debido al grado de saturación de oxígeno disuelto, la actividad biológica y el valor de saturación con carbono de calcio que se relacionan con la temperatura.
- e) **Sólidos:** se define como sólidos a la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 grados centígrados.

Ello, incluye toda la materia a excepción del agua contenida en los materiales líquidos.

- f) **Conductividad:** es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica.

La conductividad del agua se encuentra bajo la dependencia de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación.

Por ende, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad.

Es por ello, que el valor de la conductividad es bien usado en análisis de aguas para la obtención de un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

- g) **Salinidad:** cuando en el agua el constituyente primordial es el cloruro de sodio y la concentración es mayor de lo usual, se establece que el agua es salina. La salinidad se puede expresar como número de gramos por kilogramo de muestra, por ende se establece en partes.

La medida de la salinidad supone que la muestra contiene una mezcla estándar de sal y de agua de mar.

Los métodos estándar la conceptualizan como los sólidos totales en el agua cuando todos los carbonatos han sido convertidos en óxidos.

2.7. Contaminación del agua

La problemática de la contaminación de las aguas dulces se conoce desde sus orígenes. Uno de los primeros testimonios históricos lo constituye el relato de las Sagradas Escrituras, acerca de las diez plagas de Egipto, en donde se describe la transformación de la sangre de las aguas del río Nilo. Ese fenómeno fue sin duda el que ocurrió debido a la contaminación biológica producida por microorganismos. Con el incremento de la población y el surgimiento de la actividad industrial la población de lagos, los ríos y aguas subterráneas aumentan de forma constante.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), señala que un agua se encuentra polucionada, cuando su composición o su estado se encuentran alterados de manera que ya no se encuentran en condiciones a una u otra o al conjunto de las utilidades a las que se hubiera destinado en su estado natural.

"En la contaminación se tiene que considerar tanto las modificaciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, que pueden hacer perder a ésta en cuanto a su potabilidad para el consumo diario o su empleo para actividades domésticas, industriales y agrícolas".¹³

- a) Contaminación del agua freática o subterránea: el agua subterránea es tendiente a ser dulce y potable. Pero, en determinadas ocasiones las capas freáticas son bien ricas en sales disueltas como para que el agua contenida pueda ser

¹³ Jaquenod Pardo, José Luis. *La protección del derecho al medio ambiente*. Pág. 93.

consumida, y eso mismo puede resultar inconveniente también para otros usos determinados.

La circulación subterránea es tendiente a depurar el agua en partículas y microorganismos, pero en determinadas ocasiones éstos llegan al acuífero por contaminación debida a los usos humanos, como fosas sépticas o residuos agrícolas. El agua subterránea puede llegar a contaminarse por otras causas antropogénicas como la infiltración de nitratos y otros abonos químicos bien solubles utilizados en la agricultura, la cual acostumbra a ser uno de los motivos de contaminación de los suministros en una elevada productividad agrícola y densa de la población.

La contaminación del agua subterránea es grave debido a su persistencia. Consiste en una consecuencia de su pequeña tasa de renovación y largo tiempo de residencia. También, el agua no tiene la accesibilidad necesaria para la utilización de procesos artificiales de depuración como los que se pueden aplicar en caso de necesidad de depósitos superficiales.

- b) Contaminación de mares y océanos: estos últimos se encuentran integrados en su mayoría por desechos de las utilidades humanas.

Los ríos arrastran las aguas que se encuentran contaminadas a los mares. Las comunidades costeras liberan las aguas negras sin tratamiento alguno, además

de grandes cantidades de desechos sólidos y compuestos químicos contaminantes.

Los océanos en zonas de aguas profundas pueden diluir, dispersar y degradar grandes cantidades de aguas negras, como algunos desechos de orden industrial y el petróleo. En ello, se presenta una controversia entre los científicos.

2.8. Contaminantes físicos

Afectan el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan interfieren con la flora y la fauna acuáticas. Se refieren a líquidos insolubles y sólidos de origen natural y distintos productos sintéticos que son desechados al agua como resultado de las actividades que lleva a cabo el ser humano.

2.9. Contaminantes químicos

Son los que abarcan tanto los productos químicos inorgánicos como los orgánicos que se encuentran dispersos en el agua. Los contaminantes inorgánicos son distintos productos que están disueltos o dispersos en el agua.

El resultado de mayor importancia por estos tipos de contaminantes consisten en un efecto posible tóxico, y son más que la disminución en oxígeno. Pero, existen casos en los cuales los compuestos inorgánicos presentan una demanda de oxígeno, contribuyendo a la disminución del mismo, los sulfitos y los nitritos.

Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También, se incluyen en los mismos los desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos que están disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno amoníaco, cloro y sulfuro de hidrógeno.

2.10. Eutrofización

La misma, es un proceso natural de envejecimiento de aguas estancadas o de corriente lenta fundamentada en cambios en el grado de nutrición o de productividad. La etapa más joven del ciclo se caracteriza por una concentración bien baja de nutrientes de las plantas y por una productividad biológica pequeña.

A ello, se le denomina oligotróficos y es una etapa superior a la sucesión. El enriquecimiento y la sedimentación en la orilla y las plantas acuáticas superiores emplean parte de los nutrientes que llegan y crecen de forma abundante y en consecuencia se retienen los sedimentos.

Los problemas surgen en el momento en que el hombre contamina lagos y ríos con exceso de nutrientes que generan la aceleración del proceso de eutrofización, que genera el crecimiento acelerado de las algas, la muerte de peces y demás flora y fauna acuática generando condiciones anacróbicas.

El proceso en mención resulta de la utilización de fosfatos y nitratos como los fertilizantes en los cultivos agrícolas, de la materia orgánica de la basura y de los detergentes empleados a base de fosfatos.

Las fuentes principales de nutrientes son las aguas negras que originan el crecimiento masivo de algas y lirios, que generan grandes cantidades de masas vegetales sobre las aguas.

2.11. Clasificación

De conformidad con su utilización y procedencia los tipos de agua son los siguientes:

- a) **Agua potable:** se le llama agua potable a aquella que es consumible en el sentido que puede ser bebida y utilizada mediante persona. El término, se aplica al agua que ha sido tratada para su consumo humano de conformidad de estándares de calidad determinada por las autoridades locales e internacionales.

"Para el establecimiento de la calidad del agua se han indicado diversos valores máximos y mínimos para el contenido en minerales, distintos iones como cloruros, nitratos, nitritos, amonio, calcio, magnesio, fosfato y arsénico".¹⁴

Los motivos que hacen que no exista potabilidad el agua son las que a continuación se dan a conocer:

- Bacterias y virus.

- Minerales y productos tóxicos.

¹⁴ Salguero Ordoñez, Manuel Alejandro. **Plantas de tratamiento de aguas residuales.** Pág. 55.

- Depósito o partículas en suspensión.

- b) Agua salada: es aquella en la cual la concentración de sales es relativamente elevada y el agua del mar es aquella que puede encontrarse en los océanos y mares de la tierra.

Es salada debido a la concentración de sales minerales disueltos que contiene, un 3.5%, entre los que es predominante el cloruro sódico, también conocido como sal de mesa.

El agua del mar es relativa a una disolución en agua de variadas sustancias. Hasta las dos terceras partes de los elementos químicos naturales se encuentran presentes en el agua del mar. El agua salada es buena conductora de la electricidad, debido a la unión de sus moléculas y la fácil localización de las partículas salinas.

El estudio de su composición se simplifica debido al hecho de que las proporciones de los componentes son siempre aproximadamente las mismas, aunque la concentración conjunta de todos ellos es bastante variable. La salinidad presenta variaciones cuando se comparan las cuencas, las diversas latitudes o las diferentes profundidades.

Ello, favorece a una salinidad mayormente elevada relacionada con la evaporización más intensa propia de las latitudes tropicales, sobre todo en la

superficie, y una menor la relacionada con la proximidad de la desembocadura de ríos caudalosos y las precipitaciones elevadas.

- c) **Agua salobre:** se le denomina así al agua que tiene más sal disuelta que el agua dulce, pero en menor cantidad que el agua del mar.

De forma técnica, se considera que el agua salobre es la que tiene entre 0.5 y 30 gramos de sal por litro, expresados mayormente como de 0.5 a 30 partes por mil.

La misma, es típica de los deltas y resulta ser la mezcla del agua del río que corresponde al agua del mar. También, se encuentra agua salobre de origen fósil en determinados acuíferos asociados con rocas salinas.

Se puede obtener a partir de la mezcla de agua dulce y agua de mar. Es salobre debido a que cubre un rango de salinidad y ello no consiste en una condición definida con precisión.

Además, es característico del agua salobre que su salinidad pueda tener variaciones considerablemente a lo largo del tiempo y del lugar.

- d) **Agua dulce:** es el agua que contiene cantidades mínimas de sales disueltas, especialmente cloruro sódico, haciendo la distinción de esa forma del agua salada. El agua dulce se encuentra contenida en gran parte en las aguas continentales y subterráneas de forma principal.

- e) **Agua dura:** es aquella que posee una fuerza superior a 120 miligramos de carbonato de calcio por litro. O sea, que la misma contiene un elevado nivel de minerales, en particular carbonatos de magnesio y calcio, y principalmente sulfatos de sulfuro, azufre y de hierro. Debido a ello, es que se presenta la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales metálicas.

"El agua de este tipo no produce espuma alguna con el jabón y es utilizada de forma cotidiana incluyendo para el efecto el consumo, aunque no cuente con la nitidez del agua purificada, por ende, el agua dura, dependiendo de los niveles de minerales tiene sabor y puede ser ligeramente turbia".¹⁵

La misma, puede volver a su estado original y ser nuevamente blanda con el agregado de carbonato de sodio o potasio, para precipitarlo como sal de carbonato o mediante el intercambio iónico de resinas sintéticas.

- e) **Agua blanda:** por contraposición al agua dura, consiste en el agua que no es dura y cuenta con flexibilidad y se le encuentra por lo general en estepas, debido a que siempre es dulce y de diversos colores, en función de las partículas de suspensión.

El agua blanda se caracteriza por tener una concentración de cloruro de sodio y una baja cantidad de iones de calcio y magnesio.

¹⁵ **Ibid.** Pág. 129.



- f) **Agua fósil:** es la infiltrada en un acuífero durante una antigua época geológica bajo condiciones climáticas y morfológicas diferentes de las actuales y almacenadas desde entonces.

- g) **Agua primitiva:** es el agua proveniente del interior de la tierra, debido a que no ha existido anteriormente en forma de agua atmosférica o superficial.

- h) **Agua magmática:** es el agua impulsada hasta la superficie terrestre desde gran profundidad, debido al movimiento ascendente de rocas ígneas intrusivas.

CAPÍTULO III

3. Aguas residuales

El hombre ha utilizado el agua no únicamente para su consumo, sino también con el paso del tiempo para su comodidad y confort, convirtiendo las aguas usadas en vehículo de desechos. De esa forma surge la denominación de aguas residuales.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha indicado que uno de los derechos esenciales de todo ser humano consiste en el disfrute del grado máximo de salud posible.

Se considera que la salud es un estado complejo de bienestar físico, mental y social y determina el nivel de salud por el grado de armonía que existe entre el hombre y el medio que sirve de escenario a su vida.

La contaminación de las aguas consiste en uno de los factores de importancia que termina con la armonía entre el hombre y su medio tanto a corto, como a medio y largo plazo, debido a lo que la prevención y lucha contra ella es constitutiva actualmente como una necesidad de importancia.

"La contaminación consiste en la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de manera directa o indirecta impliquen

una alteración perjudicial en su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica”.¹⁶

La misma se determina en los cauces receptores superficiales y subterráneos como lo ríos, embalses, acuíferos y mar tienen su origen en:

- Precipitación de la atmósfera.
- Escorrentía agrícola y de zonas verdes.
- Escorrentía superficial de zonas urbanizadas.
- Vertidos de aguas procedentes del uso doméstico.
- Descargas de vertidos industriales.

Dentro de las diversas clasificaciones que pueden establecerse de las aguas residuales, uno de los esquemas mayormente utilizados por su simplicidad, consiste en el que identifica por su procedencia:

- Drenaje.
- Escorrentía.

¹⁶ *Ibid.* Pág. 80.

- Domésticas.

- Industriales.

- Agrarias.

Los distintos contaminantes en las aguas residuales son por lo general una mezcla bastante compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos.

Por lo general, no es práctico ni posible la obtención de un análisis completo de la mayor parte de las aguas residuales.

3.1. Aguas blancas

Se encuentran integradas por aguas pluviales que consisten en aquellas que generan grandes aportaciones intermitentes de caudales. Pero, con el avance progresivo y el desarrollo del urbanismo subterráneo, las aguas de drenaje han ido cobrando una importancia creciente, especialmente por encontrarse con bastante frecuencia afectadas por la contaminación producida por fugas en las redes de alcantarillado.

Como componentes de la suciedad de las aguas blancas se encuentran los siguientes:

- Elementos de la contaminación atmosférica: es la depuración húmeda de las lluvias ácidas.

- Residuos de tráfico: se refieren a los aceites, grasas, hidrocarburos, componentes fenólicos y plomo.
- Restos de las actividades humanas y las asociadas: como los papeles, colillas, excrementos de animales y evacuación de basuras.
- Contaminación aportada mediante las aguas de drenaje: aguas salobres y fugas de alcantarillado. Además, de estos componentes la primera oleada pluvial arrastra los depósitos que hayan sido acumulados en las conducciones por lo que a su vertido o llegada a la depuradora se encuentra frecuentemente, tanto o más cargada que las aguas negras.

3.2. Aguas negras

“También se les denomina urbanas, y consisten en aquellos compuestos químicos que se encuentran presentes. A título ilustrativo cabe hacer mención de: microorganismos, urea, albumina, proteínas, ácidos acéticos y lácticos, bases jabonosas y almidones, aceites animales y vegetales, hidrocarburos, gases como el metano y sales como los bicarbonatos, sulfatos, fosfatos, nitratos y nitritos”.¹⁷

Las aguas negras son las que se encuentran contaminadas con sustancias fecales y orina, son procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su importancia

¹⁷ *Ibid.* Pág. 145.

se encuentra en que requieren de sistemas de canalización, desalojo y tratamiento. El mismo es nulo o indebido, generando con ello serios problemas de contaminación.

A estas aguas, se les denomina negras debido a el color que tienen habitualmente y cloacales debido a que son transportadas a través de cloacas o alcantarillas, nombre que se utiliza tradicionalmente al colector.

"Las aguas negras se encuentran integradas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado y abarcan las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua de los terrenos".¹⁸

3.3. Aguas grises

Se denominan también aguas residuales no cloacales y son las generadas por los usos domésticos, como el lavado de utensilios y de ropa así como el baño de las personas.

Las mismas, se distinguen de las aguas cloacales contaminadas con desechos del retrete debido a que no contienen bacterias. Son de vital importancia ya que pueden ser de mucha utilidad en el campo del regadío ecológico.

Por lo general, se descomponen mayormente rápido que las aguas negras y tienen mucho menos nitrógeno y fósforo. Pero, las aguas grises contienen algún porcentaje de aguas negras, tomando en consideración los patógenos de varias clases.

¹⁸ Ibid. Pág. 169.

3.4. Aguas residuales industriales

Son aquellas procedentes de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso productivo, transformación o manipulación se utilice el agua.

Son grandemente variables en relación al caudal y composición, difiriendo de las características de los vertidos, no únicamente de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria. Éstas son mayormente contaminadas que las aguas urbanas, además, con una contaminación mucho más fácil de eliminar.

"En variadas ocasiones las industrias no emiten vertidos de manera continua, sino solamente en determinadas horas del día o inclusive solamente en determinadas épocas del año, de acuerdo al tipo de producción y del proceso industrial. También, son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día".¹⁹

Su elevada carga unida a la gran variabilidad que presentan, hace que el tratamiento de las aguas residuales industriales sea bien complicado, siendo necesario un estudio específico para cada caso.

Independientemente de la existencia de los elevados índices parecidos a los que se encuentran en los vertidos urbanos, se encuentran otros como tóxicos inhibidores, que en determinadas proporciones limitan los procesos enzimáticos de los microorganismos o inclusive son productores de su muerte.

¹⁹ *Ibid.* Pág.178.



La gran variedad y cantidad de productos que se vierten obliga a una propia investigación para cada tipo de industria. No existe parecido alguno entre los vertidos de actividades industriales, como la alimentación, química, petroquímica, agrícola, forestal, minerales y metalúrgicos.

Si el contenido es bien elevado en materia orgánica o de sólidos en suspensión pueden estimarse la elección de índices con igual criterio que el analizado para la definición de las aguas residuales de origen doméstico.

Pero, ello será necesario al llevar a cabo el análisis de las aguas residuales de origen doméstico. Pero, es necesario estudiar las sustancias específicas vertidas, que puedan llegar a dificultar el tratamiento biológico o afectar a los materiales que sean constitutivos de la red de alcantarillado u obras de fábrica en contacto con las aguas.

La industria toma en consideración que antes de verter se debería llevar a cabo la corrección de los parámetros de perturbación que pueden llegar a existir.

Los índices orgánicos e inorgánicos procedentes de actividades industriales son bien numerosos, pero de manera resumida tienen que contemplarse que definen el contenido en:

- Ácidos que pueden llegar a atacar el material o a inhibir los procesos.
- Productos derivados del petróleo y grasas poco degradables.

- Detergentes que retardan la sedimentación formando espumas y limitando la aireación.
- Fenoles, cianuros, inhibidores y tóxicos.
- Productos radioactivos.

"Es de conveniencia señalar la importancia del muestreo. Su estudio refleja el resultado de la muestra llevada al laboratorio, teniendo que ser la misma representativa del agua que se busca definir. La toma de las mismas debe contar con la variación en el tiempo del caudal y carga contaminante del valor absoluto".²⁰

Las industrias de conformidad con sus vertidos se pueden clasificar en grupos de acuerdo con los contaminantes específicos que arrastran las aguas residuales y son las siguientes:

- Industrias con efluentes principalmente orgánicos: papeleras, curtidos, azucareras, conservas, lecherías y sus subproductos, fermentación, preparación de productos alimenticios, bebidas y lavanderías.
- Industrias con efluentes orgánicos e inorgánicos: refinerías y petroquímicas, coquerías, textiles y fabricación de productos químicos e inorgánicos.

²⁰ Girón Velásquez, José Mauricio. **Las aguas residuales**. Pág. 19.

- Industrias con efluentes con materias en suspensión: lavaderos de mineral y carbón, corte y pulido de mármol y otros minerales y laminación en caliente y colada continua.
- Industrias con efluentes de refrigeración: centrales térmicas y centrales nucleares.

3.5. Transporte de aguas residuales

Dentro de las ciudades mayormente desarrolladas tecnológicamente las aguas residuales consisten en aquellas transportadas desde su punto de origen hasta las instalaciones depuradoras mediante las tuberías, por lo general clasificadas de acuerdo al tipo de agua residual que circule por ellas.

Los sistemas que se encargan del transporte tanto de agua de lluvia como aguas residuales domésticas se denominan combinados. Por lo general, funcionan en las zonas viejas de las áreas urbanas.

Al ir creciendo las ciudades e imponerse el tratamiento de las aguas residuales, las de origen doméstico han sido separadas de las de la lluvia mediante una red separada de tuberías.

Ello, resulta mayormente eficaz debido a que es excluyente del gran volumen de líquido que representa el agua de escorrentía.

Además, permite la flexibilidad en el trabajo de las plantas depuradoras y evita la contaminación originada por escape o desbordamientos que se produce cuando el conducto no es lo suficientemente grande para transportar el flujo combinado.

Para la reducción de los costos, algunas ciudades han encontrado otra solución a la problemática del desbordamiento y en lugar de construir una red separada, se han construido sobre todo bajo la tierra grandes depósitos para el almacenamiento del exceso de flujo y se bombea el agua al sistema el cual tiene que dejar de encontrarse saturado.

"Las instalaciones domésticas acostumbran conectarse a través de tuberías de arcilla y hierro fundido. El tendido de alcantarillado, con tuberías maestras de mayor diámetro puede encontrarse situado a lo largo de la calle.

Los tubos mayormente pequeños suelen ser de arcilla o cemento y los mayores de cemento forzado con o sin revestimiento".²¹

A diferencia de lo que sucede en el tendido de suministro de agua, las aguas residuales circulan por el alcantarillado más por efecto de la gravedad que por el de la presión.

Es necesario que la tubería se encuentre inclinada, para con ello permitir un flujo de una velocidad, debido a que velocidades más bajas de la materia sólida son tendientes a depositarse.

²¹ *Ibid.* Pág. 86.

Las canalizaciones urbanas tienen la costumbre de desaguar en interceptadores, que pueden llegar a unirse para formar una línea de alcance que termina en la planta depuradora de aguas residuales.

Las aguas residuales son transportadas desde su punto de origen hasta las instalaciones depuradoras de tuberías, generalmente clasificadas de acuerdo al tipo de agua residual que circule por ellas.

La necesidad de bombeo del agua viene otorgado por las condiciones topográficas y mediante el transporte de las aguas residuales de un punto a otro, entre los que no existe la necesidad de diferenciar los costos para que pueda llevarse a cabo el vertido por la gravedad.

Esa necesidad de bombeo puede presentarse en los siguientes casos:

- Incorporación de las aguas residuales de un punto bajo al colector.
- En la entrada a la estación depuradora.
- Entre las alcantarillas, colectores o emisarios.

No tiene nunca que olvidarse en las alternativas de solución, que una instalación de bombeo puede presentar diversos inconvenientes como los son:

- **Costos de primera instalación.**
- **Riesgos de inundación, cuando no se dispone de una cuota suficiente para prever seguridad.**

La estación elevadora en un sentido mayormente general se encuentra formada por los siguientes elementos que tienen que ser definidos y justificarse en el estudio de:

- **La impulsión.**
- **Bombas.**
- **Edificio destinado a la protección de las bombas.**
- **Conductos de aspiración.**
- **Cámara de toma reguladora de la aspiración.**

En cuanto a las características de las bombas deben tomarse en consideración las siguientes:

- **Bombas y velocidad características: las bombas son de tipo comercial existente que mejor se acomoden a las circunstancias particulares de la obra.**



La elección y justificación del tipo de bombas se hará a partir de las curvas características de las mismas, escogiendo, las condiciones normales de marcha y con el mejor rendimiento posible, aquellas que proporcionan el caudal y la altura manométricos exigibles.

- Caudal a elevar y tiempo de funcionamiento de las bombas: el caudal a elevar se tiene que calcular en función del volumen diario de agua a elevar y del tiempo de funcionamiento del grupo.

Para las instalaciones en funcionamiento teórico continuado se debe tomar en consideración la seguridad de funcionamiento. Además, será obligado disponer de varios dispositivos en las bombas antes de la puesta en servicio.



CAPÍTULO IV

4. La necesidad de implementación de plantas de tratamiento de aguas negras en la ciudad guatemalteca

El término tratamiento de aguas negras de operaciones unitarias de tipo químico, biológico o físico cuyo objetivo consiste en la eliminación o reducción de la contaminación, así como en la eliminación de las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales son llamadas en el caso de las urbanas aguas negras.

4.1. Las aguas negras en la ciudad de Guatemala

Las aguas servidas pueden ser provenientes de actividades relacionadas con la industria, así como con las instituciones, locales comerciales y de utilización doméstica.

Es de importancia la diferenciación entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido de que las primeras únicamente son provenientes del uso doméstico; y las segundas, son correspondientes a la mezcla de aguas domésticas con aguas industriales.

Los materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos se pueden llegar a eliminar por métodos mecánicos y químicos. Pero, si el material que debe ser eliminado es de naturaleza orgánica, el tratamiento quiere decir que se llevan a cabo

actividades de microorganismos que oxidan y convierten la materia orgánica y por ello es que se presenta el tratamiento de las aguas de desecho en los procesos en los cuales los microorganismos juegan un papel fundamental.

"Las aguas residuales por motivaciones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética establecidas, no pueden desecharse vertiéndose sin un tratamiento anterior en lagos o corrientes convencionales".²²

El tratamiento de las aguas negras es bien complejo y exige un importante esfuerzo para la evaluación de las necesidades de depuración como la caracterización de las aguas residuales. Ello, se alcanza a partir de distintas mediciones físicas, químicas y biológicas, entre las cuales se deben tomar en consideración aquellas que permitan la determinación de los sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.

La contaminación es un problema serio y es por ende deseable que el ciudadano guatemalteco sea consciente de ello, además de que el hombre se encuentra equipado para la corrección del deterioro del medio ambiente antes de que sea demasiado tarde.

Durante los últimos años el diseño de las plantas depuradoras de aguas ha evolucionado de ser únicamente empírico a tener una sólida base científica. Además, la investigación fundamental en nuevos procesos de tratamiento como la ósmosis inversa y electrodiálisis se han convertido en algo verdaderamente accesible.

²² Hernández Romero, Antonio Fabián. **El tratamiento del agua**. Pág. 50.

4.2. Proceso físico

Los procesos físicos de tratamiento de aguas negras son todos aquellos en los cuales se utilizan las fuerzas físicas para su tratamiento. Generalmente, las operaciones físicas se utilizan durante todo el proceso del tratamiento de las aguas residuales, aunque algunas de ellas son casi de forma exclusiva de tratamiento.

Los principales procesos físicos son los que a continuación se indican:

- a) **Desgaste:** se refiere a la eliminación de sólidos gruesos y sedimentables por retención de las superficies. Los elementos utilizados por el mismo son las rejillas y los tamices.

- b) **Dilaceración:** consiste en la trituración de sólidos gruesos en tamaños menores y homogéneos.

Esta operación, no se encuentra destinada al mejoramiento de la calidad del agua debido a que las materias trituradas no son separadas, sino que únicamente se reincorporan al circuito y pasan a los demás tratamientos, debido a que no se acostumbra emplear a no ser que no haya desbaste.

- c) **Homogenización de caudales:** es llevada a cabo en el tratamiento de aguas residuales para contar con caudales iguales y concentraciones de contaminantes

más homogéneos. Esa operación es productora de una mayor efectividad en los tratamientos posteriores.

"La homogenización de caudales puede llevarse a cabo en todo el caudal de agua que llegue a la planta de depuración o bien únicamente se homogeniza en caudal que excede a la media diaria, añadiéndose a la depuración en el momento en que el caudal de agua residual que llega es menor que el de la media. En dicho caso, el gasto de bombeo es mínimo pero las concentraciones no son tan uniformes".²³

En aguas residuales de determinados tipos de industrias es necesaria la homogenización, debido a que los vertidos no son puntuales y las aguas residuales de este tipo serán de más fácil tratamiento que por separado.

La ubicación de los homogenizadores en una planta se encuentra bajo la dependencia del tipo de planta que se tenga pero, de una manera general se puede señalar que se encuentra entre el desarenador y el tratamiento primario.

- d) **Mezclado:** es una operación de importancia en la mayor parte de tratamiento de aguas residuales.

Se emplea cuando sea necesario que una sustancia determinada se homogenice por completo en el seno de la otra.

²³ **Ibid.** Pág. 135.

El mezclado en la precipitación tiene que llevarse a cabo en los procesos biológicos del aire y se tiene que mezclar con los fangos que se encuentren activados en el proceso de desinfección.

- e) **Floculación:** consiste en la operación en que las partículas en suspensión aumentan su superficie de contacto. Este aumento de la superficie de contacto es debido a la adición de productos químicos, en los procesos de precipitación química asistida.

Debido a la floculación las partículas se agregan en partículas mayores y alcanzan la masa suficiente para sedimentar.

Además, la misma se ve favorecida por una agitación moderada, debido a que en un mayor contacto con las partículas se favorece la formación de flóculos.

Se tiene que tener precaución con que la agitación no sea excesivamente violenta, debido a que puede llegar a destruir los flóculos formados, y debe tomarse en consideración el tiempo de la misma antes de la sedimentación, tanto si se lleva a cabo en tanques unitarios como si se realiza en tanques separados.

La agitación puede realizarse por medios mecánicos, o por aire, debiendo presentarse una atención bien especial a que la agitación al final del tanque sea menor que al principio, para con ello evitar la rotura de algunos flóculos ya formados.

- f) **Sedimentación:** es la separación de los componentes del agua en dos fases. La primera, es la fase sólida y corresponde a los fangos y está formada por partículas de sólidos suspendidos mayormente pesados que el agua y que por gravedad se depositan en el fondo; y una fase líquida, formada por el agua y por los compuestos en disolución.

La misma, se emplea en muchos puntos de la depuración de aguas residuales, siendo una de las operaciones físicas mayormente empleadas, después del proceso biológico y posterior al tratamiento químico de precipitación con coagulantes y en la concentración en los espesadores de fangos.

La función principal de la decantación consiste en la producción de un efluente clarificado después de haber llevado a cabo el tratamiento correspondiente de las aguas negras.

En la sedimentación de partículas discretas las partículas sedimentan como entes individuales y no hay interacción de unas partículas con otras.

En general los sólidos en suspensión con una masa relativamente grande y en suspensiones no muy concentradas.

Este tipo de sedimentación se llega a producir como una forma casi única en la decantación primaria, así como la precipitación química si no existiera un tratamiento primario.

Cuando una partícula se sedimenta, va acelerándose hasta que las fuerzas que provocan la sedimentación, en particular el peso efectivo de la partícula se equilibran con las resistencia o fuerzas de fricción ofrecidas por el líquido.

Cuando se llega a este equilibrio, la partícula alcanza una velocidad de sedimentación denominada final de sedimentación.

- g) Flotación: una alternativa a la sedimentación empleada en el tratamiento de algunas aguas residuales consiste en la flotación en la cual se fuerza la entrada de aire en las mismas.

El agua residual supersaturada de aire se descarga mediante un depósito abierto.

En el mismo, la ascensión de las burbujas de aire hacen que los sólidos en suspensión suban a la superficie de donde se retiran.

- h) Filtración: permite la eliminación de sólidos en suspensión, procedentes de las aguas después del tratamiento y sedimentación biológica así como de la precipitación química.

La misma se lleva a cabo por lo general de los lechos filtrantes, compuestos de material granular con o sin adicción de productos químicos. También, se pueden emplear mrocrotamices.

4.3. Proceso químico

"Son todos aquellos procesos en los cuales la eliminación de los contaminantes del agua residual se lleva a cabo mediante la adición de reactivos químicos o bien a través de las propiedades químicas de distintos compuestos. Los procesos químicos se emplean en la depuración de aguas negras al lado de operaciones físicas y procesos biológicos".²⁴

- a) **Precipitación química:** consiste en añadir ciertos productos químicos al agua residual para de esa manera conseguir que éstos alteren el estado físico de los sólidos disueltos o en suspensión y para que así se produzca una eliminación por sedimentación.

La precipitación química puede ser el principal y el único método de depuración de aguas residuales industriales, en otros casos puede ser de utilidad en la ayuda de la operación de sedimentación cuando una gran concentración de sólidos y en suspensión se puedan utilizar como tratamientos anteriores o procesos biológicos. A través de la precipitación química se puede obtener un agua casi extenta de sólidos en suspensión y en estado coloidal.

- b) **Transferencia de gases:** es el proceso mediante el cual se presenta un gas transferido de una fase a otra. En el tratamiento de aguas residuales, la transferencia por lo general se lleva a cabo desde el gas líquido, a excepción de

²⁴ *Ibid.* Pág. 132.

los casos en los que interesa la eliminación del gas que se produce en un tratamiento determinado.

En todos los procesos aerobios, tales como la filtración biológica y fangos activados es necesario que el agua residual contenga la suficiente cantidad de oxígeno para que se lleve a cabo el proceso, en consecuencia debe aportarse aire u oxígeno puro al proceso puesto que, debido a la baja solubilidad del oxígeno en agua no es suficiente el que se obtiene mediante la interfase de la superficie del agua.

En las plantas de tratamiento de aguas residuales la aireación tiene que llevarse a cabo mediante la introducción de aire en el agua hasta diversas profundidades. Los sistemas de aireación se encuentran formados por placas y tubos perforados y difusores.

- c) **Adsorción:** es el proceso mediante el cual los iones o bien las moléculas, son retenidos sobre la superficie de un sólido y ello es lo que se denomina adsorción.

El sólido recibe el nombre de adsorbente y la sustancia que es absorbida recibe el nombre de adsorbato.

En el tratamiento de aguas residuales el proceso de flotación puede llegar a tomarse en cuenta como adsorción, en donde el adsorbente son los sólidos en suspensión y el adsorbato es el aire o el gas empleado.

El carbón activo consiste en el adsorbente mayormente empleado en el tratamiento de aguas residuales.

Los procesos de adsorción en el tratamiento de aguas residuales son por lo general, bien poco empleados y su mayor utilización se encuentra en el refinamiento de las aguas procedentes de tratamientos químicos o de tratamientos biológicos.

- d) **Desinfección:** es relativa a la eliminación de los organismos presentes en las aguas que pueden producir enfermedades.

Se tiene que hacer la diferenciación entre la desinfección y la esterilización, debido a que esta última implica la destrucción completa de los organismos, mientras que la primera la destrucción de organismos por ingestión.

- e) **Decloración:** consiste en la eliminación de todo el cloro residual combinado. Con el cloro reaccionan muchos compuestos de tipo orgánico, siendo algunos de esos compuestos los que pueden ser elevadamente tóxicos para la flora y la fauna del medio en el cual se vierten las aguas.
- f) **Eliminación de sustancias inorgánicas disueltas:** se puede llevar a cabo con las operaciones como la precipitación química, intercambio iónico, ósmosis inversa y ultrafiltración.

4.4. Proceso biológico

El tratamiento biológico de las aguas negras se puede llevar a cabo como un tratamiento secundario. Tiene como misión la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables en la decantación primaria y en la estabilización de la materia orgánica.

La Constitución Política de la República de Guatemala regula: "Medio ambiente y equilibrio ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación".

"El proceso biológico busca la utilización de una gran variedad de microorganismos principalmente las bacterias. De conformidad con el tipo de agua residual a tratar, los objetivos en el tratamiento biológico pueden diferenciarse ligeramente".²⁵

Los principales procesos de tratamiento biológico empleados en el tratamiento de aguas residuales en relación al tipo de microorganismos son los procesos aerobios, los procesos anóxicos y una combinación de los procesos aerobios con los anóxicos. En

²⁵ **ibid.** Pág. 136.

relación a la situación de los microorganismos se dividen en procesos de cultivos en suspensión y procesos de cultivo fijo o combinaciones de los mismos.

- a) **Proceso de tratamiento aerobio de cultivo en suspensión:** estos tipos de tratamiento se emplean para la eliminación de la materia orgánica y para la nitrificación de las aguas residuales domésticas residuales.

En estos tratamientos los microorganismos encargados de los procesos se mantienen en suspensión con los compuestos en disolución que contienen a su vez las aguas residuales que se tienen que tratar.

- b) **Proceso de aerobios de cultivo fijo:** estos procesos tienen igual misión que los procesos de suspensión, pero en los mismos los microorganismos se mantienen fijos en lechos formados por materiales permeables.
- c) **Procesos anaerobios de tratamiento:** son empleados para la estabilización de fangos, residuos industriales y residuos orgánicos diluidos. En estos procesos se produce una descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno. Los mismos, se dividen en cultivos en suspensión y cultivos fijos.
- d) **Sistemas de tratamiento por aplicación al terreno:** el perfil y la superficie del suelo pueden proporcionar al tratamiento físico y químico de las aguas residuales, a la vez un hábitat de los microorganismos para llevar a cabo los procesos biológicos. El suelo puede eliminar la materia orgánica, el nitrógeno, el

fósforo, los cationes intercambiables y los metales a nivel de trazas así como microorganismos.

4.5. Necesidad de implementar plantas de tratamiento de aguas negras en la ciudad de Guatemala

Guatemala cuenta con abundancia de agua con 18 ríos principales, que se originan en las partes altas de los volcanes. Debido a la lluvia y a la abundancia de recursos de agua, existe la cantidad de agua necesaria para desarrollar y mantener los requerimientos de suministro de agua.

"Los recursos de agua se ven agotados por el aumento de la demanda, la cual se ha desarrollado hasta llegar a la situación crítica actual. Este agotamiento se debe en parte a una distribución desigual de la población, siendo las áreas más densamente pobladas las regiones donde la disponibilidad de agua es baja debido a la altura o a un déficit de lluvia. La ciudad de Guatemala es un ejemplo típico".²⁶

En la actualidad no existe una ley que controle los recursos de agua, sin embargo se debe proponer la formación de una comisión nacional para el agua potable y sanitación.

Existen comisiones para otros sectores tales como el sector agrícola, electricidad, medio ambiente y salud, pero no la hay para el suministro de agua. Las aguas negras del sector doméstico y los flujos agrícolas ocasionan la contaminación biológica del

²⁶ Solórzano. *Ob.Cit.* Pág. 90.

agua cerca y corriente abajo de las áreas populosas. El tratamiento de las aguas negras es mínimo.

La implementación de plantas de tratamiento de aguas negras en la ciudad de Guatemala debe encargarse de la prevención y reducción al máximo la contaminación y sus molestias, así como mantener un balance ecológico satisfactorio y aseguramiento de la protección de la biosfera para asegurar una atención especial a los aspectos ambientales en la planificación del suelo, agua y ciudades.

El agua que entra a los hogares e industrias no siempre tiene la misma calidad al salir después de haber sido usada.

La mayor parte del agua que se destina a estos lugares, debe ser tratada antes de ser regresada al ambiente.

El agua limpia es primordial para las plantas y los animales que viven en el agua, siendo ello de importancia para la industria pesquera, para las personas cuyo pasatiempo es la pesca y para las futuras generaciones.

El agua es representativa de una extensa área de juego para toda la ciudad capital y los paisajes y valores de los depósitos de agua, muchas veces son las motivaciones que convencen a las personas para vivir cerca de ellas. Los visitantes son atraídos para llevar a cabo distintas actividades como nadar, pescar, pasear en lanchas y hacer días de campo.

El Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos regula en el Artículo 1: "El objeto del presente Reglamento es establecer los criterios y requisitos que deben para la descarga y reuso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos. Lo anterior para que, a través del mejoramiento de las características de dichas aguas, se logre un proceso continuo que permita.

- a) Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.
- b) Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- c) Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

También es objeto del presente Reglamento establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico".

Si el agua no es limpiada apropiadamente puede ser transmisora de enfermedades. La finalidad principal del tratamiento del agua es remover las partículas sólidas que se encuentran antes de que esta agua denominada afluente, sea descargada de nuevo al ambiente.

La selección de los procesos de plantas de tratamiento de aguas negras o la serie de procesos de tratamiento dependen del grado de purificación que se necesita considerando los siguientes factores:

- Características del agua negra: productos tóxicos y materia en suspensión.



- Calidad del efluente de salida que sea requerido.
- Costos y disponibilidad de espacio: debido a que ciertos tratamientos biológicos son económicamente viables solamente en el caso de que se disponga del espacio disponible.
- Consideración de las futuras ampliaciones: o bien la previsión de limitaciones de calidad de vertederos mayormente estrictos que necesiten el diseño de tratamientos mayormente sofisticados en el futuro.
- Costos locales del agua: como ocurre con la ósmosis al poder justificar el elevado costo del agua.

La implementación de plantas de tratamiento depende de varios factores condicionantes que son:

- Superficie precisa.
- Distancia del núcleo.
- Costo estimado de la planta.

"Las aguas negras traen consigo una gran cantidad de sólidos de una forma u otra y finalmente tienen que ir a la planta de tratamiento de las aguas. A la planta también le

llegan aceites y grasas de todo tipo, y si esas grasas y aceites no son disminuidos o aminorados en el pretratamiento".²⁷

Las operaciones de pretratamiento incluidas en una planta de tratamiento de aguas negras depende de:

- La procedencia del agua residual.
- Del tipo de tratamiento posterior a continuar en la planta.
- De la importancia de instalación

El agua es vital para la supervivencia y sin un saneamiento adecuado, las condiciones de las poblaciones principalmente en materia de salud, van en decadencia.

En los hospitales existen demasiadas camas ocupadas por personas que padecen enfermedades que se originaron por la mala calidad del agua, y es que su potabilización aún no logra alcanzar el nivel de importancia que debería tener en la agenda pública municipal y en el tratamiento de aguas negras.

Las aguas negras son provenientes de las casas, las empresas, las industrias y los hospitales. Las plantas de tratamiento de aguas negras se limpian al retirar los contaminantes antes de la descarga del agua restante al medio ambiente.

²⁷ Martín Mateo, José Romualdo. **Nuevos instrumentos para la tutela ambiental**. Pág. 100.

Las mismas transportan todo lo que se arroja en las tuberías. Las extensas redes de tubos subterráneos encauzan las aguas negras de las casas y las empresas de las ciudades y los suburbios a las instalaciones regionales de tratamiento.

En algunas regiones, la escorrentía urbana e industrial es recogida y se canaliza a las instalaciones de tratamiento.

Se denomina aguas negras a aquel tipo de agua que se encuentra contaminada con sustancias procedentes de los desechos orgánicos tanto de animales como de los humanos.

La denominación de aguas negras tiene sentido debido a que justamente la coloración que presentan las mismas es negra.

La principal motivación que llevan las aguas negras al sometimiento a un tratamiento especial son los agentes patógenos que se encuentran en ellas, provenientes de la excreción de los seres humanos y que pueden causar enfermedades e infecciones si no se les trata de manera correcta.

Por ello, es que las aguas negras también denominadas como aguas cloacales, residuales servidas, demandan de un cuidadoso sistema de tratamiento que tendrá por principal misión la de canalizar las mismas, tratar el contenido residual mencionado, y por supuesto desalojarlos para con ello evitar grandes problemas que ocasionan la contaminación ambiental y la proliferación de virus.

Existen distintos tipos de tratamiento que se encuentran estrechamente vinculados a la contaminación que exista.

En el caso de la materia orgánica e inorgánica en suspensión es bien común que se utilice la sedimentación y la filtración. En cambio, para la materia disuelta se suelen utilizar procedimientos biológicos.

La sedimentación retira la materia sólida ya sea orgánica o inorgánica del agua, atravesando para ello un dispositivo en el cual se retienen los materiales para posteriormente ser eliminados.

Por su parte, la filtración separa los sólidos suspendidos a partir de un medio poroso que retiene a los sólidos y deja que pase el líquido. Este tipo de agua circula mediante lo que se conoce como cloaca, colector o alcantarilla, que integra el alcantarillado público, construido bajo tierra, generalmente en aquellas avenidas y calles de mayor importancia. En tanto, cada una de las viviendas de esas calles se encuentran conectadas al mismo para de esa forma evacuar de manera satisfactoria y controlada las aguas negras.

"Las aguas negras pueden incluir desechos humanos y de origen animal, sobras de comida, petróleo, pesticidas, fertilizantes, metales pesados y sustancias químicas. También, pueden incluir bacterias, virus y parásitos".²⁸

²⁸ Romero. Ob.Cit. Pág. 150.



El tratamiento de aguas negras consiste en una serie de procesos químicos, físicos y biológicos que tienen como finalidad la eliminación de los contaminantes señalados presentes en el agua efluente del uso humano.

Para el control de la polución de las aguas residuales ha consistido en tratar las aguas residuales en plantas de tratamiento que hagan parte del proceso de remoción de los contaminantes dejando que la naturaleza lo complete en el cuerpo receptor.

Para ello, el nivel de tratamiento requerido es función de la capacidad de purificación natural del cuerpo receptor. A la vez, la capacidad de auto purificación natural es función primordialmente del caudal del cuerpo receptor, de su contenido en oxígeno y de su habilidad para reoxigenarse.

Por ende, la finalidad del tratamiento de las aguas negras es la producción del efluente reutilizable en el medio ambiente y de un residuo sólido o fango denominado biosólido o lodo, el cual es conveniente para su disposición o reutilización. A ello, es común que se le denomine depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables.

Las aguas negras son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías y eventualmente en bombas, siendo ideal que fueran llevadas posteriormente a una planta de tratamiento.

Los esfuerzos para la recolección y tratamiento de aguas residuales domésticas de la descarga se encuentran típicamente sujetas a regulaciones y estándares locales y estatales.

Con frecuencia ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales necesitan de procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de las aguas negras inicia debido a la separación física original de basura en la corriente de aguas doméstica o industrial utilizada en un sistema de mallas, aunque también puede ser triturada con equipo especial, para posteriormente aplicar un desarenado o separación de sólidos pequeños y bien densos como la arena, para después ser seguido de una sedimentación primaria o tratamiento similar que separe los sólidos que se encuentran suspendidos en las aguas negras.

Para la eliminación de los metales que se encuentren sueltos tienen que emplearse reacciones de precipitación, que se emplean para la eliminación del plomo y del fósforo. Una vez que la masa biológica es separada, el agua tratada puede efectivamente experimentar un proceso adicional denominado tratamiento terciario como ocurre con la desinfección y filtración.

El efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta al cuerpo de agua natural denominado corriente, río o bahía en un terreno superficial o subsuelo. Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y una neutralización adicional anteriormente a la descarga de reutilización apropiada.

Los sistemas de alcantarillado que transportan descargas de aguas sucias y aguas negras de precipitación de forma conjunta se denominan sistemas de alcantarillas combinados.

La práctica de construcción de sistemas combinados es en la actualidad menos común que en el pasado.

Pero, el agua sucia y agua de lluvia es recolectada y transportada en sistemas de alcantarillas separadas, denominadas alcantarillas sanitarias y alcantarillas de tormenta.

El tratamiento de las aguas servidas para reuso, reincorporación a los cuerpos de agua superficiales y infiltración a los mantos freáticos no es una opción generalizada en la ciudad capital guatemalteca.

Ambientalmente, las plantas de tratamiento tienen un grave impacto debido a que las existentes emplean en su mayoría tecnologías contaminantes altas en uso de energía, que producen desechos tóxicos como resultado de su operación.

La política de actualidad ha sido hasta el día de hoy centralizar el tratamiento que existe en grandes plantas de tecnología complicada, transportando el agua a ellas, contratando personal elevadamente calificado para operarlas y mantenerlas, así como pagar cuentas bien elevadas por el gasto en energía eléctrica, en insumos de orden químico y en la disposición de sus residuos.

Existen también, procesos que son menos contaminantes que tratan los diversos caudales menores en plantas más pequeñas, y que se pueden encontrar al alcance de los gobiernos municipales de la mayor parte de la sociedad guatemalteca.

"La gran cantidad de agua contaminada es consecuencia del desmedido crecimiento que ha sufrido la ciudad guatemalteca ya que actualmente uno de los problemas de contaminación ambiental que requieren una atención urgente es el relativo al agua potable".²⁹

El problema de la contaminación del agua a niveles industriales o niveles domésticos, será de difícil solución en tanto no existan formas rígidas de cumplimiento de las leyes que aplique el gobierno, en el sentido de que el que contamina, tiene obligación de regresar a la naturaleza en la misma forma en que la recibió.

Para ir construyendo una infraestructura urbana sustentable, existe la necesidad de optar por tecnología alternativa que permita la reutilización de los caudales para de esa manera regresarlos a la naturaleza con buena calidad, sin hacer uso intensivo de energía y sin producir contaminantes.

Las aguas negras sin tratar, tienen que ser llevadas a las plantas de tratamiento de aguas residuales para procesarlas. Pero, los sistemas de recolección del país son antiguos y están plagados de tuberías rotas, tienen además sobrecargas y dejan escapar constantemente aguas negras hacia el medio ambiente. Los derrames en

²⁹ Ibid. Pág. 172.



aguas negras con frecuencia ocurren durante las lluvias, cuando el agua de la lluvia se filtra a las tuberías corroídas, superando con ello la capacidad del sistema y forzando la salida de las aguas y sótanos.

Los sistemas más antiguos y las áreas están diseñados para transportar aguas negras y señalar la afluencia del agua en tormentas. Durante las lluvias fuertes, su producción es combinada y se desvía automáticamente de las plantas de tratamiento y termina en las masas en agua.

El problema está empeorando a medida que crece la población en la ciudad capitalina guatemalteca, en donde las tormentas son cada vez mayores y severas como consecuencia del calentamiento global y el gobierno no cumple con las necesidades de sistemas de drenaje.

Los recortes del presupuesto y cambios de política de la administración agravan la contaminación con aguas negras.

El agua de lluvia puede arrastrar mediante los techos y la superficie de la tierra varios contaminantes incluyendo partículas del suelo, metales pesados, compuestos orgánicos, basura animal, aceites y grasas.

Algunas jurisdicciones requieren que el agua de lluvia reciba algunos niveles de tratamiento antes de ser descargada al ambiente.



El sitio donde el proceso es conducido se denomina planta de tratamiento de aguas residuales.

Las instalaciones de plantas de tratamiento de aguas negras deben ubicarse cerca de una vía acuática natural. Después del tratamiento, el agua tiene que descargarse a un río o mar cercano. El agua tratada tiene que contar con elevadas concentraciones de fósforo y nitrógeno que después pueden convertirse en alimento de flores de algas.

En algunas de esas instalaciones de aguas negras se deberán tomar medidas adicionales para la reducción de la concentración de fósforo y nitrógeno antes de devolver el agua que sea tratada al medio ambiente.

Los trabajadores de una planta de tratamiento de aguas negras pueden encontrarse expuestos al cloro y otros gases, así como también a los contaminantes que propagan las enfermedades e infecciones.

La tesis señala la importancia e imperante necesidad de la implementación de plantas de tratamiento de aguas negras en la ciudad de Guatemala, para así reducir el nivel de contaminación en las aguas de desecho a un nivel que la naturaleza efectivamente pueda manejar.





CONCLUSIONES

1. El desconocimiento de las principales características y propiedades del agua, así como de las aguas negras no permite la síntesis de cada uno de los tipos y niveles de tratamiento aplicables a las aguas residuales con la finalidad de que se traten en plantas de tratamiento que permitan una respuesta a esta actual problemática que se vive relacionada con la contaminación del medio ambiente.
2. El tema de la contaminación y la escasez de agua ha ocurrido en el pasado, presente y se agravará en el futuro debido a que las fuentes de agua son cada vez más escasas y consecuentemente las aguas negras van en aumento no únicamente en cantidad, sino también en su composición debido a su concentración de carga contaminante y de sus componentes difíciles de tratar.
3. No existe un tratamiento de aguas negras y de otros proyectos ambientalistas para prácticas habituales que den cumplimiento a requisitos de conciencia plena, para el bienestar del planeta y para el buen manejo de los recursos hídricos, así como también para la dotación de agua potable y el saneamiento fundamental para el desarrollo de la ciudad de Guatemala.



4. La implementación de plantas de tratamiento de aguas negras es la solución eficiente para el retiro de los contaminantes de las aguas negras y son indispensables para la salud pública, debido a que ese tipo de aguas sin tratamiento contaminan las fuentes de agua potable, propagan enfermedades y causan serios daños para la salud a la ciudad guatemalteca.



RECOMENDACIONES

1. La Municipalidad de Guatemala, tiene que establecer el desconocimiento de las características propias del agua y de las aguas negras, siendo ello lo que no ha podido permitir la síntesis de cada uno de los niveles y tipos de tratamientos que se deben aplicar a las aguas residuales en plantas de tratamiento de aguas, para responder eficazmente a los problemas relacionados con la contaminación ambiental.
2. La Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA), debe indicar que la contaminación y la escasez de agua ha ocurrido en el pasado, presente y se podrá agravar en el futuro debido a que las fuentes de agua son escasas y por ende las aguas negras van en aumento no solamente en cantidad, sino en composición por su concentración de carga contaminante.
3. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, tiene que dar a conocer la inexistencia de un adecuado tratamiento a las aguas negras, así como la falta de proyectos ambientalistas para llevar a cabo prácticas en función de garantizar una conciencia plena y dotación de agua potable, para el saneamiento y desarrollo de la ciudad de Guatemala.



4. La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMI), se debe encargar de indicar que la implementación de plantas de tratamiento de aguas negras son la solución eficiente para poder retirar los contaminantes del agua y son indispensables para la salud pública, debido a que las aguas negras contaminan las fuentes de agua potable y propagan enfermedades que causan serios daños a la ciudad guatemalteca.



BIBLIOGRAFÍA

DE MIGUEL PERALES, Carlos Antonio. **Derecho del medio ambiente.** Madrid, España: Ed. Reus, 2000.

FONT LLOVET, Daniel Alejandro. **Técnica, riesgo y derecho ambiental.** Barcelona, España: Ed. Dykinson, 1999.

GAYTÁN MALDONADO, Enrique Eduardo. **Estudio del medio ambiente.** Madrid, España: Ed. Jurídica, S.A., 1999.

GIRÓN VELÁSQUEZ, José Mauricio. **Las aguas residuales.** México, D.F.: Ed. Literaria, S.A., 1999.

HERNÁNDEZ ROMERO, Antonio Fabián. **El tratamiento del agua.** Madrid, España: Ed. Thompson, 2000.

JAQUENOD PARDO, José Luis. **La protección del derecho a un medio ambiente adecuado.** Madrid, España: Ed. Publicidad, 1989.

JUSTE RUIZ, José Andrés. **El derecho del medio ambiente.** Madrid, España: Ed. Jurídica, S.A., 1998.

LAHERA ANDRADE, Vivian Alejandra. **Uso sustentable del agua en las ciudades.** México, D.F.: Ed. Edel, 1999.

LOPERENA ROTA, Luis Demetrio. **Los principios del derecho ambiental.** Madrid, España: Ed. Reus, 1998.

MARTÍN MATEO, José Romualdo. **Nuevos instrumentos para la tutela ambiental.** Barcelona, España: Ed. Machado, 1994.

NOGUERA LÓPEZ, María Alejandra. **Evolución de las técnicas de tutela ambiental.** Madrid, España: Ed. Ediciones, S.A., 1998.



ROMERO BAEZ, José Rodrigo. **Calidad del agua.** México, D.F.: Ed. Alfaomega, 1999.

SALGUERO ORDOÑEZ, Manuel Alejandro. **Plantas de tratamiento de aguas residuales.** Barcelona, España: Ed. Estancias, 1998.

SOLÓRZANO ENRÍQUEZ, José Francisco. **Derecho ambiental guatemalteco.** Guatemala: Ed. Mayté, 2001.

SOLOMÁN MARTÍNEZ, Mayra América. **Derecho ambiental.** Barcelona, España: Ed. Reus, 1999.

Legislación:

Constitución Política de la República de Guatemala. Asamblea Nacional Constituyente, 1986.

Código de Salud. Decreto 90-97 del Congreso de la República de Guatemala, 1997.

Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, 1986.

Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos. Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Presidente de la República de Guatemala, 2006.