



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE DERECHO
SEMINARIO DE DERECHO AMBIENTAL

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIADO EN DERECHO

PRESENTA:
ANGÉLICA MOLINA TORRES

ASESOR: DR. AQUILINO VÁZQUEZ GARCÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Una dedicatoria especial para las tres personas más importantes de mi mundo:

mi hijo Sebastián, mi papá Edmundo y a la memoria de mi mamá Elizabeth.

Esta tesis es para ustedes.

Agradecimiento

A mis padres, mi hijo y mis hermanos, que son el motor de mi vida, que siempre me han apoyado, que han estado en los momentos más difíciles y que hoy me han hecho lo que soy, por todo el amor que me han brindado y principalmente por creer en mí.

A la memoria de mi mamá, por sus consejos y regaños que me permitieron madurar y lograr lo que soy. Gracias.

A mi hijo como ejemplo de lo que se puede lograr en la vida. Gracias.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por la formación y fortaleza que me brindo antes y durante mi carrera profesional. A la Facultad de Derecho y especialmente a los profesores que me han ayudado a crecer dentro de esta gran universidad, la Doctora Maricela Moreno Cruz, Licenciada Diana Arley Illescas, Maestro Antonio González Camacho, Doctor Cesar Nava Escudero y a la memoria del Doctor Ernesto Javier Patiño Camarena por sembrar en mi la semilla del aprendizaje, el deseo de salir adelante y por su compromiso. Al Doctor Aquilino Vázquez García y Licenciado Leonel Pantoja Villalobos por su dirección, apoyo, paciencia y ayuda para la realización de este trabajo. Gracias.

MARCO JURÍDICO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Introducción.....	I
-------------------	---

CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES DE LAS AGUAS RESIDUALES

1.1 Antecedentes internacionales y nacionales de las aguas residuales y sus usos.....	1
1.2 Marco teórico conceptual.....	7
1.2.1 Ambiente.....	7
1.2.2 Agua residual.....	10
1.2.2.1 Clasificación de las aguas residuales.....	12
1.2.2.2 Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales.....	14
1.2.2.3 Usos de las aguas residuales.....	19
1.2.2.4 Reúso de las aguas residuales.....	20
1.2.3 Contaminación.....	37
1.2.4 Drenaje.....	39
1.2.4.1 Infraestructura hidráulica.....	42
1.2.4.2 Sistema de alcantarillado.....	45
1.2.4.3 Tipos de descarga.....	48
1.2.4.4 Tratamiento de las aguas residuales.....	50
1.2.4.5 Control y daño ambiental.....	55

CAPÍTULO 2. MARCO JURÍDICO

2.1 Las aguas residuales en la legislación nacional.....	59
2.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.....	59
2.1.2 Ley de Aguas Nacionales.....	61
2.1.3 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.....	69
2.1.4 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.....	73
2.1.5 Ley General de Salud.....	86
2.1.6 Ley General de Cambio Climático.....	95

2.1.7 Ley Federal sobre Metrología y Normalización.....	96
2.1.7.1 Normas Oficiales Mexicanas.....	101
2.1.7.2 NOM-001-SEMARNAT-1996.....	101
2.1.7.3 NOM-002-SEMARNAT-1996.....	111
2.1.7.4 NOM-003-SEMARNAT-1997.....	119
2.1.8 Ley Federal de Derechos.....	123
2.2 Las aguas residuales en la legislación de la Ciudad de México.....	128
2.2.1 Constitución de la Ciudad de México.....	128
2.2.2 Ley de aguas del Distrito Federal.....	130
2.2.3 Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal.....	137
2.2.4 Ley de Salud del Distrito Federal.....	145
2.2.5 Ley del Derecho a los Servicios Públicos de Agua Potable, Drenaje, Alcantarillado y Tecnología Hídrica de la Ciudad de México.....	148
2.2.6 Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para la Ciudad de México.....	163
2.2.7 Ley de Coordinación Metropolitana de la Ciudad de México.....	168
2.2.8 Ley de Cultura Cívica de la Ciudad de México.....	171

CAPÍTULO 3. MARCO INSTITUCIONAL

3.1 Autoridades hídricas nacionales para las aguas residuales.....	173
3.1.1 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.....	173
3.1.2 Comisión Nacional del Agua.....	176
3.2 Autoridades hídricas en la Ciudad de México para las aguas residuales.....	183
3.2.1 Alcaldías como autoridades para aguas residuales.....	185
3.2.2 Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México.....	186
3.3 Organismos operadores de las aguas residuales en la Ciudad de México...	188
3.3.1 Sistema de Aguas de la Ciudad de México.....	189
3.3.2 Alcaldías como organismos operadores para aguas residuales.....	193

CAPÍTULO 4. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y EL DRENAJE DE LA CIUDAD DE MÉXICO

4.1 Sistema hidráulico de la Ciudad de México.....	198
4.1.1 Infraestructura hidráulica de la Ciudad de México.....	198
4.2 Tratamiento de las aguas residuales en la Ciudad de México.....	200
4.2.1 Instalaciones de acuerdo al tipo de tratamiento.....	210
4.2.2 Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de México.....	211
4.2.3 Servicio y mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de México.....	219
4.2.4 Usos de las Aguas Residuales en la Ciudad de México.....	222
4.3 Drenaje de la Ciudad de México.....	225
4.3.1 Evolución histórica del drenaje de la Ciudad de México.....	225
4.3.2 Drenaje actual de la Ciudad de México.....	237
4.3.3 Agua y descarga en la Ciudad de México.....	242
4.3.4 Características generales del Drenaje Profundo.....	246
4.3.5 Servicio de Abastecimiento y remoción de aguas.....	256
CONCLUSIONES.....	266
BIBLIOGRAFÍA.....	278
ANEXO I. INDICE DE TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICAS.....	292
ANEXO II. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MÉXICO.....	294

Abreviaturas

COT	Carbono Orgánico Total
C02	Dióxido de Carbono
CF	Coliformes Fecales
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
GEI	Gases de Efecto Invernadero
hm ³ /año	Hectómetro cúbico por año
Km	Kilómetro
l/s	Litro por segundo
m	Metro
mg/L	Miligramo por Litro
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo
pH	Potencial de hidrógeno
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PTARs	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
SDT	Sólidos Disueltos Totales
SS	Sólidos suspendidos
SST	Sólidos suspendidos totales
SSV	Sólidos suspendidos volátiles
TEO	Túnel Emisor Oriente
vol.	Volumen

INTRODUCCIÓN

El agua siempre ha sido primordial para la vida, para la supervivencia de los asentamientos humanos ha sido igual de importante. Nuestra relación con el ambiente es desde tiempos primitivos, porque hubo que observar a la naturaleza para poder sobrevivir y, cuando los clanes humanos pasaron de nómadas a sedentarios comenzamos con la explotación y aprovechamiento de los recursos naturales, en estos primeros asentamientos, que fueron siempre cerca de los cursos de agua, nos beneficiamos por la cantidad y calidad, para abastecernos, para riego, para transportar todos los desechos, etcétera.

Desde entonces hemos modificado, transformado y destruido para construir nuestro entorno. Así, las aguas residuales y la contaminación de las aguas datan con los primeros asentamientos humanos.

Con el paso del tiempo las primeras colonizaciones se han convertido en grandes ciudades alrededor del mundo, los peligros de la contaminación y el inadecuado manejo de las aguas residuales se han manifestado en todo el mundo, a través de enfermedades, infecciones y en un deterioro de la calidad de vida de todos los seres vivos.

Es relativamente reciente la preocupación y ocupación por el tema de conservación del ambiente. Como lo mencionan Enrique Cesar y Alba Vázquez que la práctica de coleccionar y tratar las aguas residuales antes de su disposición es relativamente reciente; sin embargo, no debemos olvidar y si recordar que el conocimiento del agua, del manejo del agua, y su contaminación datan desde la Edad Antigua (3,000 a 2,000 a. de C.), que con los indúes que dotaban sus hogares con cuarto de baño y desagües; que de los romanos su alcantarillado era para abastecimiento de agua potable; que hasta el siglo XIX se inventó el retrete, lo que generó un cambio total: ya no se arrojaban a la calle los desechos.

Lo que continuaba como hasta la fecha es el desalo de todas las aguas residuales generadas hacia las corrientes de agua, que a su vez era y es la causa de múltiples enfermedades.

Desde entonces, el tema de conservación del ambiente es muy importante, se debe controlar la destrucción y contaminación para no romper el equilibrio del planeta, en ese sentido, el agua es uno de los recursos naturales más importantes, porque es fuente de vida, pero con las actividades humanas se contamina, por lo que se deteriora la calidad de vida de todos los seres vivos.

Como el agua es un ciclo, la empleamos para distintas actividades, la devolvemos, se conduce natural o artificialmente a distintos cuerpos receptores que su vez, son utilizadas esas aguas residuales para riego de campos de cosecha o termina en mares, lagos, ríos, y finalmente se evapora, entonces, vuelve de nuevo, baja en forma de precipitación, se usa en riego y regresa en frutas, verduras, o a través del sistema de alcantarillado, entonces se entiende, se comprende la importancia de sanear las aguas, previamente a la descarga y posterior para su reúso.

En países europeos el saneamiento es básico, la lista de contaminantes permitidos y los límites máximos están cuidados, en el sentido de que han aumentado la lista de contaminantes no permitidos, que los límites máximos son menos permisivos que en México.

La situación en México ha quedado plasmada en que durante todo el siglo XX el tratamiento de las aguas residuales no se hizo en todo el país, y el porcentaje tratado fue menor al 10% total de lo generado. Sin leyes, los cursos de agua se contaminaron poniendo en peligro la salud humana y ambiental.

La Ciudad de México tiene sus aguas superficiales contaminadas por las descargas industriales y domésticas, en donde la fuente principal de abastecimiento es el acuífero. Estas descargas en demasiadas ocasiones no llevan ningún tratamiento

previo, aumentando la contaminación del agua, esta aseveración está documentada a través de investigación como la de Rafael López, la UNAM, la CONAGUA, la SEMARNAT, el gobierno de la Ciudad de México, es decir, que se tiene la información de las aguas residuales, pero hay poca o nula actividad para responder y actuar con las acciones necesarias para afrontar este reto.

En este sentido, el presente trabajo de investigación pretende a través de cuatro capítulos, presentar un aspecto general acerca de la situación del tratamiento de las aguas residuales en la Ciudad de México, así como una muestra de cómo está compuesto el sistema de alcantarillado.

Para dar cumplimiento a este objetivo, nuestro primer capítulo se titula “Aspectos Generales de las Aguas Residuales”, que como se indica, se abordarán los antecedentes históricos de estas aguas y en México; se definirán conceptos elementales que constituyen el marco teórico permitiendo una mejor comprensión de las aguas residuales, su clasificación, propiedades; así como en esquema general de la infraestructura hidráulica de un sistema de drenaje, los tipos de descarga que hay y los niveles de tratamiento que se le dan a estas descargas cuando llegan a las plantas de tratamiento; por último un breve muestrario de las enfermedades y daños ocasionados al no tratar las aguas descargadas. Los principales contaminantes que modifican la calidad del agua son: materia orgánica, ocasionando la disminución de oxígeno; detergentes, provocando eutroficación; grasas y aceites, que disminuyen la transferencia de oxígeno; los sólidos sedimentables, que obstruyen los cuerpos de agua; agentes patógenos, metales pesados y plaguicidas, que afectan flora y fauna.

El capítulo segundo titulado “Marco Jurídico”, daremos un recorrido por la legislación vigente aplicable y relativa a las descargas de aguas residuales de la Ciudad de México, porque se necesita promover una mejor y adecuada regulación en las descargas de aguas residuales municipales e industriales principalmente, porque como ya se mencionó, en demasiadas ocasiones no llevan ningún tratamiento

previo, aumentando la contaminación del agua; empezamos por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pasando por la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, por la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal, la Ley de Aguas de la Ciudad de México y obviamente por las NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997, en donde establecen los límites máximos permisibles de contaminantes generados y descargados. Este capítulo es fundamental, a todos los que habitamos nos perjudica el inadecuado o nulo tratamiento del agua residual, por eso es necesario crear una normativa específica y no permisiva, en donde se cumpla y se ejecute, para así evitar que se rebasen los límites máximos permitidos, y se trate en su totalidad toda el agua vertida en el drenaje de la ciudad.

Al llegar al capítulo tercero nombrado “Marco Institucional”, veremos cuáles son las autoridades federales y locales que tienen competencia para las aguas residuales, desde su captación, desalojo, conducción, tratamiento para un reúso; conoceremos los organismos operadores de las aguas residuales en la Ciudad de México, que finalmente son los encargados de dar cumplimiento a lo establecido en la legislación federal y local y, de ejecutar así los convenios de coordinación entre las Alcaldías de la ciudad, el Estado de México y el Estado de Hidalgo. Es importante conocer y entender qué es lo que realizan los organismos operadores, porque finalmente son los que laboran con los desechos hídricos derivados del consumo y producción humana, teniendo en sus manos la salud de la población de todo el hábitat.

Llegando al final del trabajo, en el capítulo cuarto “Tratamiento de las Aguas Residuales y el Drenaje de la Ciudad de México”, se abordan tres temas principales, el primero dedicado al desarrollo del sistema de alcantarillado y como se fue desarrollando la historia de la infraestructura hidráulica en la Ciudad de México, algo que no se debe olvidar, es que la ciudad está sobre lo que antaño fue un lago; el segundo punto importante es el relacionado al tratamiento de las aguas residuales, cuál es el que predomina en esta urbe, el reporte de las plantas de tratamiento y los

usos que se le dan; el tercer punto es como tal el drenaje de la ciudad, la evolución histórica del drenaje de la ciudad de México, así como las características que conforman al drenaje y drenaje profundo. Se dará brevemente a conocer sobre los servicios de agua y descarga, la ubicación de plantas de tratamiento, qué delegaciones tratan sus aguas por sector, por ejemplo, las descargas del sector industrial son del 82.0% del total de aguas residuales y se trata solamente el 15.5%, mientras que de las aguas residuales municipales sólo se trata el 22.0%. El problema es que sólo se utiliza el 60.0% de la capacidad instalada, y en algunas instalaciones para tratamiento de aguas residuales, se han detectado deficiencias como los son en: diseño, ubicación, equipo y personal y, por último, de las utilidades y beneficios de darles un tratamiento a las aguas residuales, porque pueden y deben ser de reúso.

Finalmente, elegí este tema porque considero que es de suma importancia conocer qué pasa con el agua una vez que se descarga en primera instancia en el alcantarillado de la red domiciliaria, así como su vertimiento o la combinación de aguas de otra procedencia, como lo son las industriales, en su paso a través del sistema de drenaje. Conocer que determinan las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales; la NOM-002-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal; la NOM-003-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehúsen en servicios al público; y la legislación ambiental aplicable y supletoria que existe. Conocer cómo funciona el sistema de drenaje, la problemática existente en cuanto a la contaminación del agua, así como las consecuencias de no tratar adecuadamente el agua residual.

Es de suma importancia este tema porque en caso de no atender y sanear estas aguas debidamente, la vida de todos los seres vivos se está perjudicando y se

deteriora la calidad de vida, por ello se necesita promover un mejor y adecuado mantenimiento en las descargas del drenaje, para así evitar contaminación en cuerpos de agua, proteger la salud pública y los ecosistemas, reducir el uso de agua de calidad potable al usar agua tratada, evitar efectos negativos, controlar la contaminación, recuperar, sanear o rehabilitar cuerpos de agua. Y el marco jurídico es fundamental, en ello se establecen los parámetros a seguir, y son normas que se tienen que aplicar adecuadamente.

En el sistema de la red de alcantarillado y drenaje de la Ciudad de México diariamente se descargan millones de litros de agua residual, no se respetan los límites máximos permitidos y no se trata toda el agua vertida, es porque en materia ingenieril y jurídica hay deficiencias e ineficiencias, lo que ocasiona abuso en las descargas, contaminación de agua, deterioro en la salud y desperdicio al no ser utilizada para otros fines. Es por tanto como en otros medios y distintos autores lo han expresado: es una oportunidad para cambiar y modificar nuestra forma de consumo, de existencia, en lo jurídico, para establecer una legislación competente y acorde a lo que se necesita, cuidando el interés de la vida.

MARCO JURÍDICO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MÉXICO

CAPITULO 1. ASPECTOS GENERALES DE LAS AGUAS RESIDUALES

1.1 Antecedentes internacionales y nacionales de las aguas residuales y sus usos

El agua siempre ha sido primordial para la vida, para la supervivencia de los asentamientos humanos ha sido igual de importante. Nuestra relación con el ambiente es desde tiempos primitivos, porque hubo que observar a la naturaleza para poder sobrevivir y, cuando los clanes humanos pasaron de nómadas a sedentarios comenzamos con la explotación y aprovechamiento de los recursos naturales¹, en estos primeros asentamientos, que fueron siempre cerca de los cursos de agua, nos beneficiamos por la cantidad y calidad, para abastecernos, para riego, para transportar todos los desechos y más actividades.

Desde entonces hemos modificado, transformado y destruido para construir nuestro entorno. Así, las aguas residuales y la contaminación de las aguas datan con los primeros asentamientos humanos.²

Con el paso del tiempo las primeras colonizaciones se han convertido en grandes ciudades, los peligros de la contaminación y el inadecuado manejo de las aguas residuales se han manifestado en todo el mundo, a través de enfermedades, infecciones y en un deterioro de la calidad de vida de todos los seres vivos.

¹ “Recurso es todo aquello que es requerido o utilizado por un organismo para su supervivencia y bienestar... son recursos básicos la tierra, el agua y el aire, de los que existe una cantidad finita y limitada y de los que se originan los demás. Algunos de los recursos no básicos pueden ser renovables, en el caso de los recursos bióticos por su capacidad natural o con ayuda del hombre con base en los recursos básicos tienen la capacidad de reproducirse. Sin embargo, esta regeneración es limitada y el abuso en su explotación, o la limitación de sus requerimientos, los lleva al agotamiento por la extinción de las especies que lo componen.”. Definición tomada de Baqueiro Rojas, Edgard, *Introducción al Derecho Ecológico*, Universidad Nacional Autónoma de México, Oxford University, Press-Harla, México, 1997, pp. 20, 21.

² Cfr. Hernández Muñoz, Aurelio, *Saneamiento y Alcantarillado*, 5ª edición, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, Colección Senior número 7, Parinf, España, Madrid, 1997, p. 25.

Toda población que tenga suministro de agua, independientemente de la procedencia, necesita de un sistema de desagüe, conocido como alcantarillado.

La función del drenaje es canalizar aguas residuales para darles tratamiento y que puedan ser rehusadas.

“Es relativamente reciente, la práctica de coleccionar y tratar las aguas residuales antes de su disposición”³, sin embargo, los conocimientos y la información del manejo de las aguas residuales y de la contaminación del recurso hídrico, datan como lo mencionan Aurelio Hernández⁴ y Enrique César⁵ de que:

En la Edad Antigua (3,000 a 2,000 a. de C.) los indúes contaban con casas dotadas con cuarto de baño, retrete, agua corriente y desagües.

En Egipto, en relación con las instalaciones de elevación de agua de la noria de Sakieh, se utilizaba un sistema de tornillo, cuyo descubrimiento se le atribuye a Arquímedes (28 a 212 a. de C.). Este es hoy uno de los sistemas empleados en el bombeo de aguas residuales brutas en la entrada de las actuales depuradoras.

Según indica la Biblia, en la época del Rey David, año 655 a. de C., para vencer a los filisteos, David utilizó el ardid de introducirse en la ciudad por la desembocadura de los canales de desagüe de las aguas negras y de lluvia. Cuando entró David a Jerusalén y convirtió la ciudad en el centro de su reino, ordenó la ampliación del abastecimiento de la antigua red y la dotó de un sistema de alcantarillado separativo. Los sedimentos que se hallaban en los canales de desagüe se aprovechaban. El canal principal desembocaba en grandes lagos, donde se sedimentaban las materias en suspensión, que posteriormente se utilizaban como abono; el agua de los lagos servía después para riego de huertos.

³ Véase Valdez, Enrique César, et al., *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales*, Fundación ICA, 2003, p. 1.3.

⁴ Hernández Muñoz, Aurelio, *Op. Cit.*, pp. 26-28.

⁵ Valdez, Enrique César, et al, *Op. cit.*, pp. 1.3-1.9.

De los Hititas, de la Grecia Antigua, se han encontrado restos de alcantarillas sanitarias.

Del Imperio Romano se sabe que las alcantarillas no se usaban para el transporte de aguas residuales. El sistema de drenaje de Roma no se usaba para disposición de desechos y, más tarde se evitó descargarlos en los sistemas de alcantarillado de Londres, París y Boston hasta bien entrado el siglo XIX debido a enfermedades epidémicas como el cólera.

El alcantarillado fue desconocido durante la Edad Media, y hasta tiempos modernos no se reanudó la construcción de alcantarillas; existían albañales para la lluvia, pero no destinados a recoger las aguas residuales domésticas.

La invención del retrete en el siglo XIX cambió drásticamente las prácticas de disposición de los desechos. El transporte de los desechos urbanos para su disposición en terrenos agrícolas no se podía manejar gran cantidad de líquido que se incrementaba paulatinamente con el uso de los retretes. Como solución al problema, las ciudades comenzaron a usar los sistemas naturales de drenaje y los alcantarillados pluviales para conducir las aguas residuales, contrariando el consejo de Edwin Chadwick, quien en 1842 recomendó que se descargara la lluvia al río y los desechos al suelo. Desde esta época se reconoció la relación de la salud con el agua potable, el agua residual y los residuos. Pero con el invento del retrete cambiaron las prácticas de desalojo, los campos agrícolas no podían manejar tanto volumen, entonces se comenzó a utilizar los drenajes y alcantarillados pluviales para descargar y conducir estas aguas.

La construcción de alcantarillados combinados fue común en las ciudades durante la segunda mitad del siglo XIX, y dado que los sistemas pluviales terminaban naturalmente en cursos de agua, los desechos humanos eran descargados directamente en corrientes, lagos y estuarios, sin tratamiento. Esto ocasionó contaminación severa y problemas de salud pública.

El primer sistema de alcantarillado “moderno” para aguas residuales se construyó en 1842 en Hamburgo, Alemania, por un innovador ingeniero inglés llamado Lindley, su sistema presenta muchos de los principios que se usan hoy en día. Las mejoras se hicieron en el siglo XX, en donde hubo un avance en ciencia y tecnología en materiales, se adicionaron pozos de visita y estaciones de bombeo.

Sin embargo, como lo explican Enrique Cesar Valdez y Alba Vázquez que: “La construcción de alcantarillas en las ciudades no dio solución completa al problema de la evacuación de los residuos. Estas desagradables y peligrosas materias eran descargadas en las corrientes de agua, donde se descomponían dando origen a incomodidades y peligro en las poblaciones rurales o en otras ciudades situadas aguas abajo. El tratamiento de las aguas residuales se retrasó considerablemente con respecto a su colección. El tratamiento fue considerado necesario después de que la *capacidad de autopurificación* de los cuerpos receptores se excedió y se volvieron intolerables sus condiciones molestas. A finales del siglo XIX y principios del XX se probaron varios procesos de tratamiento; alrededor de 1920, el tratamiento de las aguas residuales había evolucionado hasta llegar a los procesos que hoy se usan comúnmente. Sin embargo, el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales se hizo empíricamente hasta mediados del siglo XX. A partir de 1960 se tuvieron avances importantes en el conocimiento del tratamiento de aguas residuales, y se formularon y cuantificaron los procesos originales. Pero la ciencia del tratamiento de aguas residuales no es estática; actualmente se desarrollan procesos avanzados con los cuales se puede producir agua potable a partir de las aguas residuales domésticas. Los problemas asociados al reúso de las aguas residuales, sin duda, serán un reto para la creatividad de los ingenieros en los años por venir.”⁶

Ya en fechas posteriores hay numerosas citas sobre los grandes abastecimientos, canales de desagüe de aguas negras y de lluvia y balsas de sedimentación. De dichas realizaciones hasta el siglo XX se desprende que, las infraestructuras de

⁶ *Ibíd.*, p. 1.8.

abastecimiento y saneamiento iban emparejadas y a continuación de los asentamientos de los pueblos; no existía planificación alguna a largo plazo. Las acciones para dotar de estos servicios se limitaban a cubrir déficits en las necesidades originadas por el desarrollo de los asentamientos humanos y su industrialización. Los objetivos del saneamiento en este periodo eran los de higiene y protección en las zonas urbanizadas. La solución del saneamiento consistió en establecer conducciones bajo tierra, de gran dimensión, en conducciones rodadas, que alejasen las aguas residuales de las zonas urbanizadas.

Los objetivos añadidos, en la primera mitad del siglo XX, eran los de calidad de los conductos y análisis de costos. Las soluciones introducidas fueron las de fondos a la red separativa y a la normalización.

Los objetivos actuales del saneamiento se concretan en garantizar la protección sanitaria, proteger el medio ambiente, reutilizar las aguas residuales, asegurar el mejor servicio a los usuarios⁷. Y el manejo de las aguas residuales también ha evolucionado. La práctica de la disposición en terrenos fue remplazada por el transporte con agua, con descarga directa a los cuerpos naturales de aguas superficiales, con el criterio de que *“la solución a la contaminación era la dilución, confiando en la capacidad de asimilación de las corrientes antes de que el tratamiento fuera considerado necesario.”*⁸

La situación en México ha quedado plasmada en que durante todo el siglo XX el tratamiento de las aguas residuales no se hizo en todo el país, sin leyes, los cursos de agua se contaminaron poniendo en peligro la salud humana y ambiental. “Para la Ciudad de México las aguas superficiales se encuentran contaminadas por descargas industriales y domésticas, en donde la fuente principal de abastecimiento

⁷ La Ley de Aguas del Distrito Federal, en el artículo 4, fracción XL, define Usuario como la persona física o moral que haga uso de uno o más de los servicios hidráulicos. En el mismo numeral, fracción XXXIV, se define Servicio hidráulico, como los servicios públicos que presta la administración pública del Distrito Federal, relativos al agua potable, drenaje y alcantarillado.

⁸ Valdez, Enrique César, et al, *Op. Cit.*, p. 1.9.

es el acuífero⁹. Estas descargas en demasiadas ocasiones no llevan ningún tratamiento previo, aumentando la contaminación del agua.”¹⁰

La Ciudad de México cambio de ser un valle con lagos y ríos a un basurero, dejamos que los ríos se contaminaran y se eutrofizaran (contaminación natural de un cuerpo de agua), con consecuencias negativas para el ambiente afectando la salud de todas las especies que vivimos, nuestro país fue uno de los pocos países en donde se introdujo redes subterráneas, que fueron modificándose de acuerdo a las características que presentaba el suelo.

En la **Tabla 1.1** se presenta una cronología de los sistemas de alcantarillado de los sucesos más relevantes en el progreso de las redes de alcantarillas en el mundo, que principalmente acontecieron en Inglaterra, Europa.

Tabla 1.1 Cronología de los sistemas de alcantarillado¹¹

Año	Hecho
1815	Se permite la descarga de materias fecales en las alcantarillas de Londres.
1833	Se permite la descarga de líquidos de las letrinas a las alcantarillas en Boston.
1842	El empleo de tuberías para alcantarillas es propuesto por Edwin Chadwick.
1842	Chadwick propone y defiende el empleo de sistemas separados .
1842	Es construido el alcantarillado de Hamburgo por Lindley.
1847	Se hace obligatoria la descarga de materias fecales en las alcantarillas de Londres.
1847	Se construyen sistemas separados en Inglaterra por John Phillips.
1848-49	<ul style="list-style-type: none"> • William Budd (Inglaterra) relaciona las fiebres tifoideas con agua contaminada del saneamiento. • Nueva epidemia de cólera. • Se aprueba la Ley de Salud Nacional en Inglaterra.

⁹ La Ley de Aguas Nacionales, nos define qué es Acuífero, en el Artículo 3, fracción II, exponiendo que es cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo.

¹⁰ López Ruíz, Rafael, *Aguas residuales, municipales y biosólidos. Elementos básicos, caracterización, y tratamiento, reúsos*, División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Publicaciones de la Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, México, 2003, p. 1.

¹¹ Fuente: Valdez, Enrique César, et al, *Op. Cit.*, p. 1.7.

1850	<ul style="list-style-type: none"> • Se comienza el drenaje principal de Londres. • Y durante dos generaciones, los comisionados reales recomiendan purificar al agua residual extendiéndola sobre el terreno.
1857	Julius W. Adams, construye el alcantarillado de Brooklyn.
1860	<ul style="list-style-type: none"> • Pasteur experimenta con microbios y vacunas. • La Ley inglesa de Contaminación de ríos de 1876 declara delito descargar residuales a los caudales.
1880	<ul style="list-style-type: none"> • El Coronel Waring construye el sistema separado en Memphis, Tenn. Este sistema falló debido a las dimensiones demasiado pequeñas de las alcantarillas. • Los ingenieros discuten sobre la tubería única o el saneamiento separado que diseñó Waring. • Estados Unidos presume de 598 sistemas de infraestructura hidráulica, la mayoría de los saneamientos vierten agua residual no tratada a ríos, cauces, lagos, estuarios.
1890	<ul style="list-style-type: none"> • Los baños dan a los ingenieros desafíos para los problemas de rebose, captación y evacuación. • Aparecen epidemias de tifus. • Se introduce el cloro para purificar los suministros de agua. • La comunidad médica se opuso a las sociedades de ingeniería acerca de quién debería decidir los temas de salud pública. Los ingenieros prefieren la dilución y los métodos de filtración/purificación por razones económicas; los médicos a favor del tratamiento del agua residual. • Las Comisiones Británicas renuncian a la aplicación al terreno de agua residual por impracticable; comienzan por apoyar los métodos de tratamiento y dilución*.
1905-7	Pennsylvania aprueba una ley que prohíbe a las ciudades verter agua residual no tratada .
1914	Arden y Lockett descubren los fangos activados, que éstos son mejor conocidos como lodos activados .

*La dilución se entiende como la capacidad de asimilación de las corrientes, antes del tratamiento. Antes se manejaban estas aguas bajo la idea de que la solución a la contaminación era la dilución, porque utilizaban el agua como conducto para que fueran vertidas directamente en las aguas superficiales.

1.2 Marco teórico conceptual.

1.2.1 Ambiente

El medio ambiente y su problemática son temas que a todos nos incumben, porque todos los seres vivos que habitamos dependemos de este planeta, el cual necesita la colaboración del humano para solucionar los problemas y daños que hemos causado.

Si todos los satisfactores que obtenemos son obtenidos a través del uso y manipulación del ambiente, ¿qué es el medio ambiente?, “la edición del diccionario de la Real Academia Española de 1992 (la vigésima primera) dejaba en claro con todo y conferencia la similitud de las definiciones entre ambiente (*i. e.* del latín *ambiens, entis*, que rodea o cerca y que es “condiciones o circunstancias físicas, sociales, económicas, etcétera, de un lugar, una colectividad o una época”); medio ambiente (*i.e.* “conjunto de circunstancias físicas que rodean a los seres vivos”, y por extensión “conjunto de circunstancias físicas, culturales, económicas, sociales, etcétera, que rodean a las personas”), y medio, (*i. e.* del latín *medius*, “que corresponde a los caracteres o condiciones más generales de un grupo social, pueblo, época, etcétera”, así como “conjunto de circunstancias culturales, económicas y sociales en que vive un apersona, animal o cosa”).”¹²

“Geoffrey St. Hilaire incluye en el vocabulario común, en 1835, el concepto de *medo ambiente*. Desde el punto de vista filosófico...es el conjunto de relaciones entre el mundo natural y los seres vivientes, que influye en la vida y el comportamiento del ser vivo.”¹³

Luz María Solís Segura, explica: “...Ninguna población existe sola y las poblaciones de diferentes especies que existen en una misma área forman una comunidad. El término *AMBIENTE* implica todo aquello que rodea al individuo, tanto los componentes inanimados o abióticos (aire, agua, suelo), como los componentes animados o bióticos (plantas y animales). Los componentes abióticos para un individuo, población o comunidad constituyen lo que se conoce como hábitat.... una comunidad con su hábitat constituye un ecosistema.....”¹⁴

¹² Nava Escudero, Cesar, *Ciencia, Ambiente y Derecho*, Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Estudios Jurídicos, Número 626, México, 2012, pp. 248, 249.

¹³ López Sela, Pedro Luis, et. al., *Derecho Ambiental*, IURE Editores, Colección Textos Jurídicos, México, 2006, p. 6.

¹⁴ Solís Segura, Luz María, et. al., *Principios básicos de contaminación ambiental*, Editorial Emahaia, Universidad Autónoma del Estado de México, 2003, pág. 281.

Frecuentemente se utilizan como sinónimos los términos de *medio ambiente* o *ambiente*. El *ambiente* se define como el conjunto de los elementos físicos, bióticos, económicos, sociales y su sistema de interrelaciones que hay en el entorno de una región. Los elementos físicos son todo aquello que no tiene vida pero que es sustento de la misma, por ejemplo, las condiciones topográficas, el agua, clima, suelo. Los bióticos son todo aquello que tiene vida, como lo es la flora y fauna y sus interrelaciones. Los elementos económicos son los que permiten el sustento del ser humano, incluye la actividad agrícola, comercial, industrial, turística, por mencionar algunos ejemplos, y por último, los sociales son las características de las poblaciones, su demografía, costumbre, religión, etcétera.¹⁵

Alberto Paredes escribe: "...*ambiente* no significa necesariamente bosque, selva, mar o naturaleza virgen...se puede decir, que ambiente es el hombre y su entorno físico, biótico, económico y social y la interrelación entre estos elementos. Desde luego, esta definición es antropocéntrica. Algunos autores no están de acuerdo con ella. Afirman que esta visión del hombre como centro del universo ha provocado el grave deterioro y la alteración del equilibrio ecológico. Sin embargo, visión antropocéntrica que no es de dominación sino de aprovechamiento racional de los recursos para asegurar la supervivencia del hombre (y con él, de los ecosistemas) con una calidad de vida que le permita buscar su felicidad, es la que podrá motivarlo para proteger el ambiente y en el extremo, alcanzar el desarrollo sustentable."¹⁶ Estamos de acuerdo con lo que comenta Paredes, si es verdad que hemos destruido para construir, pero también podemos y debemos no intentar, sino incluir lo natural y lo construido, tener conductas preventivas o en su caso, correctivas.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), define al ambiente en su artículo 3º de la siguiente forma:

¹⁵ Paredes, Alberto Jaime, *La Legislación Ambiental y la Ingeniería Civil frente al Ambiente*, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, México, 1996, p. 22.

¹⁶ *Ibíd.*, p. 23.

ARTÍCULO 3o.-...

I.- Ambiente: El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados;

Se define ambiente de igual forma en la Ley Ambiental del Distrito Federal en su artículo 5º, párrafo séptimo, con la adición de que ambiente será también sinónimo de medio ambiente.

Entendemos entonces por ambiente todo lo que rodea a los seres vivos, tanto los factores bióticos como los abióticos y, las expansiones demográficas son ambientes creados por el ser humano para vivir, en donde todas nuestras actividades y acciones tienen un impacto en la vida, así como en el desarrollo de los organismos y en el equilibrio del planeta.

1.2.2 Agua Residual

La Real Academia Española describe el concepto de agua residual como aquella que procede de viviendas, poblaciones o zonas industriales y arrastra suciedad y detritus.¹⁷

Dice Aurelio Hernández Muñoz que: “Las aguas residuales se conocen así porque, el humano siempre ha utilizado el agua no sólo para su consumo, sino con el paso del tiempo para su actividad y para su confort, convirtiendo las aguas usadas en vehículo de desechos. De aquí surge la denominación de aguas residuales.”¹⁸

José Pérez y Miguel Espigares nos dicen que las aguas residuales son aquellas que el humano usó y que deben ser desechadas, porque contienen sustancias tóxicas y

¹⁷ Del latín, *detritus*, desgastado, resultado de la descomposición de una masa sólida en partículas. Diccionario de la Real Academia Española, <http://dle.rae.es/?id=DanWpmR>, consultado el día 4 de abril de 2018.

¹⁸ Hernández Muñoz, Aurelio, *Op. cit.*, p.35.

microorganismos que son causa y transporte de contaminación en los lugares en donde son evacuadas sin tratamiento.¹⁹

En la expresión “aguas residuales”, nos explican Ernest Steel y Terrence McGhee, que “...se comprende una combinación de: a) los líquidos del desagüe de viviendas, edificios de oficinas e instituciones; b) los líquidos efluentes de los establecimientos industriales, y c) aquellas aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que pueden ser admitidas o conducidas por las alcantarillas. La parte a) se conoce frecuentemente con la denominación de aguas residuales sanitarias o domésticas. La b) es usualmente denominada aguas residuales industriales...”²⁰

En la legislación, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley de Aguas del Distrito Federal y la NOM-001-SEMARNAT-1996, también definen aguas residuales:

La Ley de Aguas Nacionales define aguas residuales en su artículo 3, fracción VI, como: las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas.

En la Ley de Aguas del Distrito Federal, artículo 4, fracción V, se define agua residual como: la proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias o de cualquier otra actividad que, por el uso de que ha sido objeto, contiene materia orgánica y otras sustancias químicas que alteran su calidad y composición original.

En el numeral 3.3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, define Aguas residuales como aquellas aguas de composición variada provenientes de las

¹⁹ . Pérez López, José Antonio, et. al, Estudio Sanitario del agua, Universidad de Granada, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada, Campus Universitario de Cartuja, Granada, Colección Anónimas y Colectivas, España, 1995, pp. 310 y 311.

²⁰ Steel, E. W., et. al., Abastecimiento de agua y Alcantarillado, 5ª edición, Editorial Gustavo Gil, Barcelona, 1981, p. 34.

descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier tipo otro uso, así como la mezcla de ellas.

Entonces comprendemos que las aguas residuales se caracterizan por la introducción de materias, sustancias químicas que modifican la calidad para su función biológica, condicionalmente tendrá otros fines, por eso, las aguas que se vierten al alcantarillado están constituidas por desechos. Y la clasificación será tomando en cuenta según su origen.

1.2.2.1 Clasificación de las aguas residuales

Ahora tomaremos la clasificación que hace Aurelio Hernández²¹:

- a) *Aguas blancas o de lluvia*: son aguas de escorrentía superficial, de escurrimientos superficiales o de lluvia y nieve, su característica es que son aportaciones intermitentes y tienen poca contaminación, “las cargas contaminantes se incorporan al agua al atravesar la lluvia la atmósfera, o por el lavado de superficies y terrenos.”
- b) *Aguas negras o urbanas*: estas provienen de los vertidos de las actividades de los humanos, domésticas, agrícolas, industriales, etcétera; “...sus caudales son más continuos y su contaminación es mucho mayor... pueden conducirse por un solo conducto (sistema unitario), o por conductos separados (sistema separativo)...”

A su vez, dice el autor que estas aguas negras pueden clasificarse en:

- *Aguas negras domésticas*: constituidas por deyecciones (materia fecal o excreciones), residuos de alimentos, residuos para la limpieza y para higiene;
- *Aguas negras industriales*: provienen de la actividad industrial, que contienen las materias primas que se utilizaron, los productos de transformación, acabados y variación térmica;

²¹ Hernández Muñoz, Aurelio, *Op. cit.*, pp. 35, 53 y 54.

- *Aguas negras agrícolas*: que contienen fertilizantes, insecticidas, herbicidas y fungicidas;
- *Aguas negras urbanas*: son la totalidad de aguas negras de todos los usos de la ciudad, incluyendo aguas blancas y aguas negras.

Otros autores como Miguel Espigares y José Pérez²² dividen las aguas residuales en cuatro:

- *Aguas residuales domésticas o aguas negras*: proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal, de la cocina y, de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas;
- *Aguas blancas*: pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones son muy abundantes, éstas pueden evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración;
- *Aguas residuales industriales*: proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales y,
- *Aguas residuales agrícolas*: procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo.

Enrique César Valdez y Alba Vázquez²³ dividen las aguas residuales en dos grandes grupos:

²² Pérez López, José Antonio, *Op. cit*, pp. 310 y 311.

²³ Valdez, Enrique César, et al., *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales*. Fundación ICA, 2003, p. 25.

- *Industriales*: pertenecen las aguas que vierten las industrias (fábricas); estas aguas muchas veces requieren de un tratamiento previo antes de su descarga al sistema de alcantarillado;
- *Municipales*: se conocen también como aguas residuales sanitarias o domésticas, por exclusión, son aquellas que no provienen de fábricas, como son los desagües de viviendas, comercios, edificios, domicilios.

1.2.2.2 Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales

Las características de las aguas residuales se dividen en tres grupos: físicas (sólidos, temperatura, color, olor, turbidez), biológicas (bacterias, algas, hongos, protozoarios) y químicas (orgánicas, inorgánicas y gases).

Tomaremos en cuenta las clasificaciones que realizan cuatro autores, la primera de Clementina Ramírez; la segunda de José Pérez y Miguel Espigares y la tercera de Ernest Steel.²⁴ A continuación se presenta un resumen de estas características:

A) Características físicas de las aguas residuales

Para Clementina Ramírez son:

- *Sólidos*: en todas sus formas (flotante, suspendida, coloidal y disuelta);
- *Temperatura*: afecta a la flora y fauna, la velocidad de reacción bioquímica y para la transferencia de gases;
- *Color*: grises cuando apenas se acaban de generar, luego por la actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica en ácido sulfhídrico y metano, el color cambia a negro. En las aguas industriales el color varía;
- *Olor*: es el resultado de los compuestos derivados de la actividad microbiana.

²⁴ Para la elaboración de esta información, tomamos en cuenta a: Ramírez Cortina, Clementina, *Tratamiento de Aguas Residuales industriales*, Universidad Metropolitana Unidad Azcapotzalco, Colección Libro de Texto, México, 1992, pp. 29-32, 39-42. En segundo lugar, a Pérez López, José Antonio, *Op. cit.*, pp.320-327. Y a Steel, E. W et. al., *Abastecimiento de agua y Alcantarillado*, 5ª edición, Editorial Gustavo Gil, Barcelona, 1981, pp.453-455, 458, 461 y 462.

José Pérez y Miguel Espigares consideran como aspectos físicos:

- *Temperatura*: entre 10°C y 21°C, cuando es mayor, proliferan algas y hongos, contribuye a que haya menos oxígeno;
- *Turbidez*: depende de la cantidad de materias en suspensión. La turbidez impide la penetración de la luz, ocasionando una menor productividad primaria;
- *Color*: gris o pardo, con los procesos biológicos pasa a negro;
- *Sólidos*: totales, fijos y volátiles. Por su tamaño: disueltos, coloidales, suspendidos y sedimentables;
- *Olor*: depende del grado de septización; en aguas recientes el olor es tolerable, pero al agotarse el oxígeno, los microorganismos actúan y, si hay hierro, se da sulfuro de hierro, que es olor desagradable.

Mientras que Ernest W. Steel clasifica las características físicas de la siguiente forma:

- *Agua residual doméstica reciente*: es turbia, contiene sólidos y huele a aceite o a jabón;
- *Agua residual séptica*: olor a sulfhídrico, color gris oscuro y sólidos;
- *Sólidos*: están suspendidos o disueltos;
- *Temperatura*: 20°C aproximadamente. De 2 a 6 horas pasa de fresca a séptica.

B) Características biológicas de las aguas residuales

Clementina Ramírez clasifica los aspectos biológicos en:

- *Bacterias*: se alimentan de material orgánico e inorgánico. Las del grupo coliforme y los estreptococos fecales son indicadores de contaminación. *Indicador* es un organismo que por su presencia demuestra contaminación;
- *Hongos*: importantes en el tratamiento de desechos industriales;
- *Algas*: son importantes en el tratamiento de aguas residuales;
- *Protozoarios*: al alimentarse de bacterias se utilizan en procesos biológicos;
- *Rotíferos*: consumen bacterias y materia orgánica, su presencia indica eficiencia de remoción en procesos biológicos;

- *Crustáceos*: indican bajos contenidos de materia orgánica y altas concentraciones de oxígeno;
- *Virus*: son parásitos. Algunos producen enfermedades y son excretados con la materia fecal humana.

Para José Pérez y Miguel Espigares son:

- *Bacterias*: “En las aguas residuales predominan escherichia, salmonella, proteus, etcétera. Las bacterias coliformes se utilizan como indicador de polución por vertidos de origen humano, cada persona elimina diariamente de 100.000 a 400.000 millones de coliformes a través de las heces”;
- *Virus*: proceden de la excreción, se absorben a sólidos. Se pueden encontrar poliovirus, virus de la hepatitis, rotavirus, parvovirus, etcétera. Se absorben a los flóculos (caca flotando), son separados de las aguas, pero algunos quedan en el agua y en el fango, estos últimos son peligrosos y más si este se utiliza como fertilizante sin tratamiento;
- *Algas*: dan lugar a la eutroficación;
- *Protozoos*: eliminar bacterias;
- *Hongos*: para el tratamiento de aguas residuales industriales.

Por su parte Ernest W. Steel clasifica en:

- *Bacterias*: pueden eliminar materia orgánica;
- *Algas*: producen oxígeno, y oxidan la materia orgánica que está en el agua residual;
- *Protozoos*: se alimentan de bacterias, por lo que estabilizan el agua residual;
- *Hongos*: viven en donde hay poco nitrógeno o hay un pH bajo, al sedimentar mal, son más difíciles de quitar;
- *Rotíferos*: se alimentan de bacterias y protozoos, estabilizan el agua residual.

C) Características químicas de las aguas residuales

Clementina Ramírez realiza la siguiente clasificación:

Orgánicas

De origen animal, vegetal y compuestos sintéticos orgánicos creados por el hombre. Los principales: proteínas (40-60%), carbohidratos (25-50%), grasas y aceites (10%). Los orgánicos sintéticos: fenoles, detergentes, plaguicidas. Metales: plomo, cadmio y mercurio.

Para la detección se recurre a parámetros:

- *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*: mide el grado de contaminación orgánica por la variación del oxígeno. Es un índice de calidad de los cuerpos de agua;
- *Demanda química de oxígeno (DQO)*: mide indirectamente el contenido de materia orgánica. El procedimiento se basa en la oxidación de la materia orgánica;
- *Carbono orgánico total (COT)*: mide el contenido de materia orgánica, se introduce una cantidad de muestra en un horno y se mide el CO₂.

Inorgánicas y gases

Estabilizan el agua, para el control de la calidad, limitan y condicionan el crecimiento biológico:

- *pH*: sirve para medir la base o acidez del agua;
- *Alcalinidad*: mide el contenido de los hidróxidos, bicarbonatos y carbonatos;
- *Oxígeno*: es una medida de la actividad biológica;
- *Nitrógeno amoniacal, nitratos y fosfatos*: son nutrientes e intervienen en el metabolismo de las bacterias;
- *Ácido sulfhídrico y metano*: indican condiciones sépticas, se forman por la descomposición de la materia orgánica.

La alineación de José Pérez y Miguel Espigares para las consideraciones químicas son:

Orgánicas

La materia orgánica constituye la tercera parte de los elementos de las aguas residuales. Los principales son: proteínas (40-60%), carbohidratos (25-50%),

grasas y aceites (10%). El amoníaco, urea y proteínas, son las principales fuentes de nitrógeno.

Para conocer el contenido de la materia orgánica se emplean parámetros:

- *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*: “cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica. Esta prueba se realiza durante 5 o 3 días a 20 °C;
- *Demanda química de oxígeno (DQO)*: mide la cantidad de materia orgánica del agua, mediante la determinación de oxígeno necesario para oxidarla;
- *Carbono orgánico total (COT)*: se introduce una cantidad de muestra en un horno, el carbono se oxida a dióxido de carbono CO₂ y se mide este último.

Inorgánicas y gases

- *pH*: aguas residuales urbanas, pH neutro;
- *Alcalinidad*: mide el contenido de los hidróxidos, bicarbonatos y carbonatos;
- *Nitrógeno*: origina eutroficación. Fertilizantes y abonos causan elevadas concentraciones;
- *Fosfatos*: origina eutroficación. Detergentes usan estos compuestos;
- *Azufre*: en la síntesis de proteínas, se da ácido sulfhídrico (corrosivo para las tuberías del alcantarillado) si este ácido contamina el agua de bebida, causa trastornos gastrointestinales y el sulfato provoca sabor amargo del agua;
- *Metales pesados y compuestos tóxicos*: los tóxicos afectan la cadena alimenticia; los metales son perjudiciales al incrementarse;
- *Gases*: nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, sulfhídrico, amoníaco y metano. Oxígeno, evita malos olores, es indicativo de la calidad del agua. Sulfuro de hidrógeno tiene olor desagradable, si se combina con hierro, vuelve de color negro al agua.

Ernest W. Steel organiza los aspectos químicos en:

Orgánicas

Incluye aquellas de los residuos que se descargan en la red de alcantarillado y los productos de su degradación. Aunque por técnicas analíticas puede llegarse a distinguir grasas, proteínas, carbohidratos.

- Las bacterias se alimentan de la materia orgánica, pueden oxidarla y producir CO_2 , la cantidad de oxígeno consumido se denomina demanda bioquímica de oxígeno (DBO), se considera como una medida de materia orgánica, y se mide la cantidad de oxígeno;
- *Demanda química de oxígeno (DQO)*: consiste en la oxidación del medio acuático, los valores son superiores a los de la DBO ya que en la determinación de aquella se oxidan componentes como grasas que sólo se pueden biodegradar muy lentamente;
- *Carbono orgánico total (COT)*: la muestra convierte el carbono inorgánico en CO_2 que es eliminado, en seguida se inyecta la muestra en un horno, en donde se oxida y se mide el CO_2 producido.

Inorgánicas

“Estos compuestos orgánicos se encuentran presentes en las aguas de suministro, pero con la utilización en las actividades, trae como consecuencia un incremento en su concentración.”

- *Nitrógeno y fósforo*: pueden estar presentes tanto en la parte de la fracción orgánica como en la inorgánica. La concentración de estos determina el grado de contaminación;
- *Alcalinidad*: es importante porque proporciona capacidad contra los ácidos producidos en el curso de la acción bacteriana;
- *pH*: conforme aumenta el tiempo el pH del agua residual disminuye debido a la producción de ácidos, pero con el curso del tratamiento, se eleva.

1.2.2.3 Usos de las aguas residuales

Explica Mariano Seoáñez, que para poder conocer las posibilidades de usos que se le pueden dar a las aguas residuales, es preciso investigarlas y analizarlas para

saber la composición, su peligrosidad, sus aplicaciones en recuperación de suelos, para ello se cuenta con los análisis de composición química, física, biológica y así diseñar e implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales eficaces para dar un reúso, porque las aguas residuales en palabras del autor mencionado “se deben considerar como materia prima que contiene una serie de productos útiles, como el agua, la materia orgánica y algunas sales y otros productos perjudiciales. Se trata de separar estos últimos y de aprovechar los demás en beneficio de la aplicación que se juzgue más útil en cada caso.”²⁵ Dependerá de su contaminación el tipo de tratamiento para el uso de destino.

1.2.2.4 Reúso de las aguas residuales

En la actualidad los cuerpos receptores de aguas residuales están deteriorados en su capacidad de autodepuración, no es suficiente porque los vertidos son mayores. Llegamos así a uno de los puntos del agua, de las aguas residuales, que si bien cuando llegan al sistema de alcantarillado y drenaje, ya están combinadas por diversas fuentes, quiere decir, que están contaminadas. Siguiendo esta idea, tomaremos lo expuesto por Juan Rodríguez²⁶, al definir lo que se entiende por contaminación del agua, generalmente “podría definir la contaminación del medio hídrico como la alteración física, biológica, química o simplemente estética producida por la actividad, ya sea directa o indirecta del hombre. La ingeniería ambiental la define como el conjunto de procesos y operaciones unitarias encaminadas al tratamiento y depuración de las aguas residuales, tanto urbanas como industriales, antes de su vertido a un cauce receptor, con el fin de evitar al máximo cualquier alteración del mismo.” Para nuestro tema, la contaminación del agua es toda alteración producida por la actividad humana, que da como pauta al

²⁵ Seoáñez Calvo, Mariano, Tratado de Gestión del Medio Ambiente Urbano, Ediciones Mundi Prensa, Colección Ingeniería del Medio Ambiente, Madrid, Barcelona, México, 2001, pp. 55, 58, 75, 77, 91.

²⁶ Rodríguez Jiménez, Juan J, editor, *La Ingeniería Ambiental. Entre el reto y la oportunidad*, Editorial Síntesis, Madrid, España, 2002, p. 65.

trabajo del tratamiento y depuración de las aguas para evitar un mayor desequilibrio en los cuerpos receptores.

Vertidos

Presenta Juan Rodríguez²⁷ que antes de comenzar con los reúsos de las aguas residuales es importante conocer las características generales de los vertidos, puesto que los efectos nocivos que la contaminación produce son múltiples, entre los más importantes, están: propagación de enfermedades transmitidas por el agua, acción tóxica y cancerogénica, utilización para uso humano directo o posterior, incidencias sobre la producción de productos alimenticios, reducción de las posibilidades de su empleo industrial y agropecuario posterior, limitación del uso del agua con fines recreativos.

Ahora bien, absolutamente todas las aguas residuales independientemente de su procedencia, cuando son vertidas a un cauce de un río, provocan alteraciones en los equilibrios físicos, químicos y biológicos del agua, es menor el desequilibrio si antes de descargar es tratada o depurada, será mucho menor si el tratamiento es más complejo. El mismo autor mencionado en el párrafo anterior, continúa explicando que, el grado de tratamiento de las aguas residuales deben estar de acuerdo a: las características (físicas, biológicas, químicas) del cauce receptor; la relación de caudales entre cauce receptor y el vertido; el estado de las aguas de los ríos; la utilización por parte de otros usuarios del receptor en los kilómetros posteriores; la posibilidad de tomas de aguas próximas; el balance hídrico de la zona y la flora y fauna del cauce y del entorno.

Tener conocimiento del cuerpo receptor, permite saber en todo momento cuál es la carga que el río puede admitir sin llegar a deteriorarlo al grado de ser irreversible y/o importante el desequilibrio. Los índices fundamentales para medir la calidad de

²⁷ Cfr. Rodríguez Jiménez, Juan J, editor, *La Ingeniería Ambiental. Entre el reto y la oportunidad*, Editorial Síntesis, Madrid, España, 2002, p.66.

las aguas son: la concentración de oxígeno disuelto, la concentración de materia oxidable por vía biológica (DBO), la concentración de materia oxidable por vía química (DQO), la concentración de amonio, la salinidad, la temperatura, los gérmenes patógenos, el carbono total, los nitritos, la turbiedad, el pH, los tóxicos, los metales pesados, etcétera.²⁸

Los contaminantes que están presentes en las aguas residuales industriales y urbanas, se pueden clasificar en contaminantes físicos, contaminantes químicos, contaminantes biológicos y gases²⁹:

- Contaminantes físicos: características organolépticas, grasas, aceites, espumas, temperatura, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos en suspensión, sólidos flotables.
- Contaminantes químicos: materia orgánica biodegradable y no biodegradable, pH, nitrógeno (total, orgánico, amoniacal, nitritos nitratos), salinidad, metales pesados, detergentes, tóxicos, pesticidas.
- Contaminantes biológicos: protistas (bacterias, hongos, protozoos, algas), animales y plantas, virus.
- Gases: nitrógeno, anhídrido carbónico, metano, sulfuro de hidrógeno.

Por el mismo ciclo natural del agua, se tiene garantizado que el agua será usada y reusada. La reutilización es una práctica muy antigua, es considerada para el transporte del agua, para satisfacer la demanda, para controlar la contaminación, para recargar mantos freáticos y obvio, estos usos posteriores dependerán del control de la calidad que se obtenga.³⁰

Blanca Jiménez, expresó que “para propiciar el reúso, el gobierno debe desarrollar criterios estrictos de descarga de agua residual, pero, principalmente, cobrar el

²⁸ *Ibíd*em, p.67.

²⁹ *Ibíd*em, p. 69.

³⁰ Cfr. Meré Alcocer, Francisco Javier, *Tratamiento y Control de la Contaminación de las Aguas Urbanas*, Editorial Talleres de Enlaces Gráficos de Querétaro, Universidad Quetzalcóatl en Irapuato, Guanajuato, 2003, p. 209, 210 y 212.

precio “real” del agua, es decir, que incluya los costos de: disponibilidad, extracción, potabilización, transporte, distribución, drenaje, tratamiento y disposición. Con ello, es fácil modificar la actitud del público, el cual pasa de la indiferencia a la concientización de su responsabilidad en la preservación del recurso.”³¹

Aunado a la referencia anterior, tenemos que Mariano Seoáñez³² plantea que las aguas residuales serán el mayor problema con los que se enfrentará la humanidad, alteran los cursos del agua debido a la gran cantidad de materiales y sustancias que contienen y, porque en los cuerpos receptores se ha sobrepasado su capacidad de asimilación, la autodepuración es siempre limitada pero no así el volumen de descargas, que en la época actual no tiene freno. Nos explica el autor que para la gestión de aguas residuales urbanas es necesario y fundamental tener presente tres elementos: el primero es, el medio ambiente, las aguas residuales se deben manejar de forma que no contaminen el aire, el suelo o los cursos de agua, no deben de utilizarse en caso de contener productos tóxicos o que puedan plantear problemas patológicos, sobre todo y muy importante en lo que se refiere a las cadenas alimenticias; el segundo, es la energía, en las aguas residuales se puede observar en términos de consumo de energía, tanto para aspectos industriales, económicos y sociales; el tercero, es la crisis alimentaria, actualmente se toma todo lo que sea necesario para aportar materia orgánica y nutrientes a los vegetales, se requiere de una mayor producción de alimentos así como de una mayor posibilidad de conservar los recursos del suelo.

Continúa el autor antes referido, es necesario analizar todas las técnicas de tratamiento y aplicar con criterios ecológicos, económicos, técnicos y sociales la solución más apropiada para cada caso de reúso.³³

³¹ Jiménez Cisneros, Blanca, *La Contaminación Ambiental en México, Causas, Efectos y Tecnología apropiada*, Limusa Noriega Editores, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, A.C., México, 2001, 1ª reimpression, p. 183.

³² Cfr. Seoáñez Calvo, Mariano, *Aguas Residuales urbanas. Tratamientos Naturales de Bajo Costo y Aprovechamiento*, Ediciones Mundi-Prensa, Colección Ingeniería Medioambiental, Madrid, 2001, pp. 43 y 44.

³³ Cfr. Seoáñez Calvo, Mariano, *Tratado...*, *Op. Cit.*, p.91.

Es importante conocer que un adecuado y eficaz tratamiento previo al vertido da lugar a varios reúsos de las aguas residuales sin perjudicar ni poner en peligro tanto la salud humana como el cuidado y protección al ambiente.

Al respecto, Cesar Lazcano³⁴, expone que antes de verter las descargas se deben cumplir con condiciones y requisitos de calidad que permitan las normas y regulaciones de cada país, en México son las Normas Oficiales Mexicanas las que señalan los límites máximos permisibles de contaminantes, para que así se cumpla con la preservación sustentable de los ecosistemas, se supone que estas normas deben obligar a las empresas a tratar sus aguas antes de arrojarlas. Sucede que en países en vías de desarrollo no se cumple, datos en el año 2004 arrojaron que solo se trata el 14% de las aguas residuales en América Latina y el Caribe, el resto son vertidos que van directo a suelos, ríos, mares, originando enfermedades; otro problema es que el sistema de alcantarillado solo es uno, como en el caso de la Ciudad de México, en donde se mezclan todas las descargas de todo tipo, industria, comercio, habitación, hospitales, que provoca dificultad para tratarlas.

Recarga de acuíferos

Es general que en América Latina, se reúsen las aguas residuales para la recarga de acuíferos, las aguas residuales domésticas puedan ingresar por infiltración de desagües que provienen del mal estado de las tuberías rotas que colapsan y pueden inundar el terreno por la instalación de letrinas y pozos sépticos, también puede ser a través del riego de parques y jardines ya sea con agua tratada o no tratada, está incluida también la infiltración directa desde las zonas de drenaje, de estas tres formas, no hay control y la llegada al acuífero depende del tipo de suelo, del volumen del desagüe, de la profundidad en la que se encuentre en manto freático y la temperatura. ³⁵

³⁴ Lazcano Carreño, Cesar, *Biología Ambiental de Aguas y Aguas Residuales*, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ecoediciones, Colección Ingeniería y Salud en el Trabajo, Área Ingeniería Ambiental, Segunda edición, Bogotá, Colombia, Reimpresión México 2016, pp. 231, 232.

³⁵ Cfr. Lazcano Carreño, Cesar, *Op. cit.*, p. 394.

Ahora bien, para la opción de recargar acuíferos con aguas residuales, hay que realizar un previo tratamiento, mínimo terciario o avanzado, que cumpla con altos estándares de calidad, puede ser por inyección directa, por ello la importancia del tratamiento, porque entre las consecuencias y/o factores de riesgo se encuentra, que el acuífero se contamine con compuestos orgánicos, metales pesados, compuestos clorados y demás, que da por resultado efectos nocivos en la salud de todos los seres bióticos y abióticos, como lo es la presencia de nitratos que se convierten en nitritos que puede ocasionar metahemoglobinemia en niños recién nacidos; virus que resisten al cloro pueden permanecer viables, como lo es especialmente el virus de la Hepatitis A; el cáncer, que cuando se irrigan terrenos con aguas tratadas o no tratadas, por la acción del cloro y la presencia de ácidos húmicos o fúlvicos, pueden formarse trihalometanos, que a su vez son compuestos potencialmente cancerígenos y llegan a permanecer en el agua subterránea, a la cual se le aplica cloro al ser explotada para agua potable; otro factor de riesgo en aguas subterráneas es al usar las provenientes de las industrias, sin o con escaso tratamiento, estas aguas contienen como hemos visto, sustancias tóxicas, metales pesados, sustancias cancerígenas, etcétera, originando enfermedades a corto y largo plazo; la contaminación con bacterias, virus, protozoarios patógenos resisten al cloro varios meses y ocasionan mutagénesis, que pueden ocurrir con el consumo directo de vegetales y peces contaminados³⁶.

Pero entre los efectos favorables, nos enumera Cesar Lazcano que hay:

- posibilidades de incrementar las fuentes primarias naturales de agua,
- prevenir una excesiva diversificación de usos alternativos del agua, incluyendo los ambientes naturales,
- posibilidades de manejar las fuentes de agua in situ,
- minimizar los costos de infraestructura, incluyendo costos de tratamiento y descarga,
- reducir drásticamente las descargas de efluentes, tratados o sin tratar, a las fuentes naturales de agua,

³⁶ Cfr. Lazcano Carreño, Cesar, *Op. cit.*, pp. 396 y 406.

- posibilidades de alentar a las autoridades gubernamentales para mejorar las normas legales que permitan dar un mayor énfasis al reúso o reciclaje de las aguas residuales.

Reúso municipal

El uso de las aguas residuales tratadas, nos alude Mariano Seoáñez³⁷, para ciertas actividades bien definidas como apagar incendios, riego de parques y jardines, limpieza de calles, etcétera, al igual que en todos los otros usos, se necesita de precauciones a nivel salud, similares a las tomadas por el riego.

En Sudáfrica, por ejemplo, los diversos usos que les dan a las aguas residuales municipales es posible debido a los tratamientos avanzados como lo es con carbón activo y lagunas de estabilización; en Estados Unidos se da un tratamiento primario y secundario con coagulación, sedimentación, filtración rápida, adsorción sobre carbón, electrodiálisis y cloración.³⁸

Para el reúso de las aguas residuales municipales, Blanca Jiménez³⁹ expone y propone dos niveles de calidad que tiene que tener el tratamiento:

1.El primero, requiere ser de muy buena calidad, el empleo dado será para consumo humano, se puede emplear para consumo humano en dos formas:

-Tratarla mediante un proceso secundario e inyectarla en un acuífero de abastecimiento. La calidad del agua se logra mediante el tratamiento natural por un largo periodo dentro del manto.

-Tratarla con procesos avanzados hasta obtener el grado de potable.

2. El segundo, es de un nivel más bajo, se puede reusar en cuatro actividades:

³⁷ Cfr. Seoáñez Calvo, Mariano, *Tratado...*, *Op. cit.*, pp. 106 y 107.

³⁸ *Idem.*

³⁹ Jiménez Cisneros, Blanca, *Op. cit.*, pp. 183-185.

- Riego de áreas verdes: es posible mediante el tratamiento secundario, utilizándose el agua residual doméstica. Es una práctica que se realiza en muchos países, en Estados Unidos se realiza desde 1955 y no solamente para el riego de áreas verdes, sino también para la creación total o parcial de lagos artificiales; en la Ciudad de México y Monterrey se efectúa principalmente a través de pipas y, en Ciudad Universitaria el agua generada se trata y se reusa para el riego de sus áreas verdes.
- Control de incendios: para esta opción se puede utilizar las aguas sin tratar, pero, lo que resulta complejo es la distribución y almacenaje.
- Fuentes de ornato, lavado de autos, limpieza de maquinaria de recolección de basura: en México se lleva a cabo esta práctica, se orienta al personal y a la población sobre los lugares en donde se emplea, se realiza mediante pipas.
- Recarga del acuífero: la recarga permite restablecer un manto que se está explotando excesivamente, controlar o prevenir hundimientos del terreno, o bien, evitar, con bajo costo, la intrusión salina, permite el rebombear de agua tratada durante la infiltración y su reúso.

Reúso agrícola

Tomaremos para este apartado a Cesar Lazcano, al señalar que en general la opción de reúso de las aguas residuales no es nueva, que es una práctica de hace muchos años; los países en vías de desarrollo, generalmente utilizan estas aguas crudas o los sistemas de tratamiento son deficientes y así son ocupadas para el riego de cultivos de tallo corto, tubérculos, hortalizas, etcétera, este consumo directo es lo que ha originado diversas enfermedades intestinales como la salmonela y parásitos. Sin embargo, esta práctica es un recurso muy valioso, amplía los límites agrícolas, se incrementa la producción y el rendimiento por hectárea, se disminuyen los costos de los insumos como los fertilizantes, se mejora el suelo con la materia orgánica. Para irrigar los suelos con aguas residuales, se tiene que realizar un manejo adecuado a fin de evitar el riesgo de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas; marquetero adecuado para la aceptabilidad pública de los cultivos, posibles efectos de la calidad del agua en el suelo y cultivos, tomar en

consideración los problemas relacionados con patógenos (virus, bacterias, quistes de protozoarios, etcétera), monitoreo constante de los efluentes tratados, contaminación y deterioro de suelos y asistencia técnica permanente a los agricultores.

Según la calidad que tengan las aguas que se exige para los productos y destino, se pueden clasificar en tres los cultivos, calidad baja, alta y muy alta. El primer grupo la calidad exigida al efluente es baja, se utiliza para cultivos industriales: algodón y fibras; cultivos procesados antes de consumo humano: granos, oleaginosas, caña de azúcar; hortalizas y frutos producidos para envasado; cultivos forrajeros para alimentación animal desecados antes del consumo; riego de viveros, bosques o jardines inaccesibles al público. El segundo grupo la calidad exigida al efluente es alta, se utiliza para forrajes de consumo fresco; cultivos para el consumo humano que no tengan contacto directo con el agua; cultivo para el consumo humano que se sirven cocidos como el camote, papa. El tercer grupo la calidad exigida del efluente es muy alta, es para cultivos para consumo humano que se sirven crudos, como ejemplo están las hortalizas y las frutas y para riego de parques y jardines con libre acceso al público.⁴¹

En este punto de reúso de aguas residuales en la agricultura, las directrices que ha señalado la Organización Mundial de la Salud indican que para el uso de aguas residuales se deben considerar los parásitos como los indicadores de primer nivel.

Se emplea para esta práctica con o sin tratamiento las aguas residuales. Es un conocimiento utilizado en donde se aprovecha los nutrientes que contiene para los cultivos, por ejemplo, en Estados Unidos, el reúso de estas aguas para la agricultura ocupa el 43% del total de agua de riego, "...la limitación principal consiste en evitar el contacto directo del agua residual con cosechas de consumo directo. En cuanto a la calidad, se considera que existen 5 tipos: agua residual cruda, efluente primario

⁴¹ Cfr. Lazcano Carreño, Cesar, *Op. cit.*, pp. 395, 396.

(decantado), efluente primario avanzado, efluente secundario (tipo biológico) y efluente secundario con desinfección.”⁴²

En Israel, al 2004, se emplea dos tipos de tratamiento para el reúso: el intensivo, que consiste en la disposición en el terreno de efluentes de plantas de lodos activados, en donde se remueve metales pesados, elementos tóxicos, bacterias patógenas y virus, como ejemplo, esta que en este procedimiento se tratan 300,000 metros cúbicos de agua residual por día para uso agrícola irrestricto y percolación en el acuífero para la explotación de agua potable; el semi-intensivo, son reservorios de estabilización para almacenamiento estacional en lagunas aeróbicas y anaeróbicas, este sistema de reservorios profundos produce efluentes de uso restringido para la irrigación de cultivos no comestibles, los reservorios puede remover 90% de la DBO, reducir coliformes, detergentes y otros contaminantes.⁴³

En el sur de Europa, al 2006, el 44% de las aguas tratadas son usadas para riego agrícola, el tratamiento que tienen es secundario, en el norte, el 51% es para uso industrial y el 33% para otros usos.⁴⁴

En Colombia, para el año 2008, irrigan con aguas residuales un aproximado de 1,230,193 hectáreas, es la mayor extensión en América Latina, el 27% el agua residual es tratada y el 73% no se trata, por lo general es diluida con aguas superficiales.⁴⁵

El segundo país de América Latina en donde se usa la mayor cantidad de agua residual para riego agrícola es México, el terreno se ubica en el Estado de Hidalgo, en el Valle del Mezquital, aproximadamente son 130,000 hectáreas regadas con aguas negras que provienen de la Ciudad de México; el Valle de Juárez es el segundo en importancia del país, estos dos campos son regados con aguas negras

⁴² Jiménez Cisneros, Blanca, *Op. cit.*, pp. 188.

⁴³ Lazcano Carreño, Cesar, *Op. cit.*, p.399.

⁴⁴ *Ibidem*, pp. 399, 400.

⁴⁵ *Idem*.

crudas que no se tratan y así son dispuestas para irrigar los campos de cultivo, datos al 2007; en el área metropolitana de la Ciudad de México se generan 60 metros cúbicos por segundo de aguas residuales, al 2008 existía una capacidad para tratar el 10 metros cúbicos por segundo, lo que significa que solo se trataba el 5.2 metros cúbicos por segundo, por lo que una parte es regresada a las tuberías y la otra a los canales de desagüe. El porcentaje de aguas residuales ocupadas para irrigar aumentaron la producción agropecuaria, por el aporte en contenido de materia orgánica y nutrientes, sin embargo, también se aumentaron los problemas de infecciones gastrointestinales y la acumulación de contaminantes, por ejemplo, para comprobar esta afirmación se han realizado estudios, uno de ellos son los “estudios epidemiológicos de casos y controles realizados por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en el Valle de Juárez con el apoyo de Sivilla/Conacyt, sobre los riesgos de salud asociados al reúso de las aguas residuales no tratadas muestran un modelo epidemiológico de mayor prevalencia de parásitos por protozoarios que parasitosis por helmintos.”⁴⁶

Por su parte Blanca Jiménez nos presenta algunos de los usos de las aguas residuales, estos los mostramos en una elaboración propia en la **Tabla 1.2**, en la que se indican algunos de los usos agrícolas con aguas residuales.

Tabla 1.2 Reúso agrícola⁴⁷

Reúso agrícola	
Criterios para riego	Derivaciones
Salinidad y RAS*	La alta mineralización con una RAS elevada, se obtienen efectos adversos sobre el suelo, su estructura y permeabilidad.
Minerales traza	Las plantas requieren, para el desarrollo normal, de cierta cantidad de oligo-elementos, como los metales pesados, sin embargo, cantidades excesivas pueden ser perjudiciales para su desarrollo. El límite de toxicidad varía para cada especie. Otro de los factores limitantes es la concentración de boro, es tóxica para ciertos tipos de cultivos, debido a la presencia de detergentes que contienen perborato o a la fuente misma de abastecimiento. De igual forma, la presencia de metales pesados

⁴⁶ *Idem.*

⁴⁷ Elaboración propia de la Tabla, con información tomada de Jiménez Cisneros, Blanca, *Op. cit.*, pp. 188-191, 193-195.

	provenientes de aguas industriales también limita el empleo de agua para riego.
Taponamiento	<p>Se consideran la porosidad y la permeabilidad; la primera, es el volumen de sólidos del suelo, que, según el tamaño de los espacios, se habla de micro o macroporosidad; la segunda, es la aptitud del suelo para permitir que el agua lo atravesase al ejercer un determinado gradiente. Existen tres tipos principales de taponamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Físico: se debe a la obstrucción de los poros del suelo por los sólidos suspendidos totales. -Biológico: el desarrollo de algas que aparecen principalmente en estanques de infiltración o en lagunas de estabilización, o bacterias que precipitan sales de hierro. -Químico: con la modificación de las características fisicoquímicas del medio (pH, temperatura, potencial redox) ocurren precipitaciones de algunas sales.
Sólidos suspendidos	Están compuestos de materia orgánica e inorgánica. Los sólidos suspendidos incrementan la turbiedad; la presencia de óxido de hierro y aluminio forman flóculos.
Sólidos disueltos totales	Son medida indirecta de las sales inorgánicas disueltas. El riego con agua que contiene sales introduce éstas al perfil del suelo. Cuando no hay lixiviación, las sales se acumulan y disminuyen la productividad en niveles que pueden, incluso, detener por completo el surgimiento de cultivos. Todas las aguas contienen SDT debido a la disolución de rocas, minerales, descomposición de la materia, etc., sin embargo, el contenido depende de las características de las formaciones geológicas. Adicionalmente, las descargas industriales y municipales contribuyen al aumento de los SDT.
Aerosoles	Un problema ocasionado por aspersión con aguas residuales es la posible inhalación de microorganismos patógenos contenidos en éstas. La proporción de desaparición y reducción en las concentraciones de patógenos incorporados a los aerosoles es función de velocidad del viento, temperatura, humedad relativa y condiciones topográficas.
Tipos de cultivo	<ul style="list-style-type: none"> -Legumbres y frutas: existe relación directa entre la ocurrencia de epidemias y el riego, con agua cruda, de verduras y frutas que se consumen sin cocer; por lo tanto, no es recomendable este tipo de reuso sin un tratamiento adecuado. -Forrajes: se puede emplear agua de segundo uso para estos fines, siempre y cuando se detenga el riego un tiempo antes de la cosecha. Para evitar la transmisión de parásitos se recomienda que el agua sea desinfectada. -Otros cultivos: los cultivos industriales (cereales, caña de azúcar, oleaginosas, agave, etc.), por el hecho de ser empleadas después de la transformación, pueden ser regadas con agua residual doméstica sin mayores riesgos. Los bosques, por su uso, también se encuentran en este caso.

*RAS: Relación de Adsorción de Sodio.

El reúso agrícola en la Ciudad de México, expone Blanca Jiménez⁴⁸, tiene su origen desde que se construyó una salida artificial para las aguas residuales generadas en la capital. Desde 1890 se han regado más de 85,000 hectáreas del Valle del Mezquital con aguas residuales que provienen de la zona metropolitana, una de las características importantes es que es el distrito de riego más grande del mundo que emplea agua residual sin tratar. Otros distritos de riego en el país son Valsequillo, Puebla; Tulancingo, Hidalgo y Ciudad Juárez, Chihuahua.

En México hay una preferencia en irrigar los campos con aguas negras, con el objetivo de aprovechar estas aguas debido a su cualidad fertilizante, ésta práctica genera que se plantee un control sanitario, se ha elaborado y aplicado criterios, reglamentos y nomas para el uso y aprovechamiento de dichas aguas. Las primeras normas en este sentido fueron las NTE-CCA-032-ECOL/1993 y la NTE-CCA-033-ECOL/1993, que establecían el uso de aguas residuales en riego agrícola. Actualmente, la NOM-001-ECOL-1997 regula esta práctica.⁴⁹

En la **Tabla 1.3** se muestran los límites máximos permisibles de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros establecidos en la NOM-001-ECOL-1997, estos límites son los aprobados actualmente en México, la norma no se ha actualizado. Hemos visto que una alta cantidad de contaminantes, bacterias, virus, sumado a una nula o muy deficiente depuración genera daños a la salud, a la calidad de vida y todos los demás seres vivos. Estos parámetros tienen que respetarse y no rebasar, el previo tratamiento es fundamental si bien hay elementos que enriquecen la tierra, también hay los que dañan por el consumo y contacto, cabe mencionar que las inspecciones y los controles de calidad del agua en los laboratorios certificados son de suma importancia, así se determina hasta qué punto hay cumplimiento de los parámetros y se podrían aumentar en la lista más contaminantes para que el espectro de protección al ambiente sea mayor, recordando que el agua es un ciclo y por ello la misma alteración genera

⁴⁸ Jiménez Cisneros, Blanca, *Op. cit.*, pp. 195-200.

⁴⁹ *Ibidem*, p.195.

deformidades en los factores bióticos y abióticos, alterando la cadena alimenticia, es por ello que es tan importante estas normas oficiales en México.

Tabla 1.3 Límites máximos de la NOM-001-ECOL/1997 permisibles para contaminantes básicos, metales pesados y cianuros⁵⁰

Parámetros mg/L (excepto cuando se especifique)	Ríos		Embalses naturales y artificiales		Suelo	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso en riego agrícola (B)		Uso en riego agrícola (A)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura (°C) (1)	N.A	N.A	40	40	N.A	N.A
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos Sedimentables (ml/L)	1	2	1	2	N.A	N.A
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	N.A	N.A
Demanda Bioquímica de Oxígeno	150	200	75	150	N.A	N.A
Nitrógeno Total	40	60	40	60	N.A	N.A
Fósforo total	20	30	20	30	N.A	N.A
Arsénico (*)	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4
Cadmio (*)	0.2	0.4	0.2	0.4	0.05	0.1
Cianuros (*)	2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	3.0
Cobre (*)	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo (*)	1	1.5	1.0	1.5	0.5	1.0
Mercurio (*)	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01
Níquel (*)	2	4	2	4	2	4
Plomo (*)	0.5	1	0.5	1	5	10
Zinc (*)	10	20	10	20	10	20

(1) Instantáneo. (2) Muestra simple promedio ponderado. P.M= Promedio Mensual. (*) Medidos de manera total. P.D.=Promedio diario. N.A.= No es aplicable. (A) y (B): Tipo de cuerpo receptor.

⁵⁰ Jiménez Cisneros, Blanca, *Op. cit.*, p.198.

Continúa la autora, narrando que la primera planta de aguas residuales en la Ciudad de México para reúso fue en el año de 1956, con el objeto de mantener el nivel de los lagos del Bosque de Chapultepec y para riego de áreas verdes. Un año después se construyó la planta de tratamiento Ciudad Deportiva, para riego. La planta de riego Xochimilco (hoy Coyoacán) fue inaugurada en 1959 abasteciendo a Coyoacán e Iztapalapa, lo que contribuyó a mantener el nivel de los canales de Xochimilco.⁵¹

En 1965 la planta de San Juan de Aragón se utilizó para riego de áreas verdes y conservación del lago; por su parte, el Banco Nacional de Obras y Servicios construyó una planta de tratamiento en el conjunto habitacional Nonoalco-Tlatelolco, que ayudó a la preservación de las zonas jardinadas.⁵²

La planta Cerro de la Estrella, con capacidad actual nominal de 3 m³/s, funciona desde 1971 en el tratamiento de agua residual e intercambio por agua potable para riego agrícola en Chalco. En ese mismo año, inició su operación la planta Iztacalco, dentro de la Unidad Infonavit-Iztacalco, con la idea de mantener el nivel del lago y preservar sus zonas verdes.

A partir de 1971, la construcción de este tipo de instalaciones adquirió un ritmo creciente, resultando en la puesta en operación de las siguientes plantas:⁵³

- Bosques de las Lomas (1973), con el fin de tratar el agua residual de la zona habitacional y usarla en el riego local.
- Acueducto de Guadalupe (1975), para uso del agua en el riego de áreas aledañas.
- Colegio Militar (1980), saneamiento de la zona lacustre de Xochimilco y riego de áreas verdes del H. Colegio Militar.

⁵¹ *Ibidem*, p. 196.

⁵² *Ibidem*, p. 197.

⁵³ *Ibidem*, p. 198.

- El Rosario (1981), construido por el Infonavit para aprovechar el agua en el fraccionamiento del mismo nombre, en el llenado del lago y riego de áreas verdes.
- Reclusorio Sur (1981), destinadas a las áreas verdes del reclusorio y al saneamiento de la zona lacustre de Xochimilco.

Al 2001, se reusaban casi 2.5 m³/s provenientes de 16 plantas de tratamiento. Desde 1989 se acrecentó el reúso de agua tratada en actividades que no requieren de calidad potable, por ejemplo, en 1993 se firmaron convenios con industrias de Vallejo e Iztacalco y se les concesionó las plantas de Acueducto de Guadalupe y de Ciudad Deportiva; la ampliación de la planta de tratamiento Cerro de la Estrella, en Iztapalapa; con el fin de atender la zona canalera de Xochimilco, inició su operación la planta de San Luis Tlaxialtemalco, con producción de 75 L/s de agua, con tecnología avanzada (espumación, lodos activados con nitrificación y filtración en arena y antracita); con esta agua tratada se inició la recarga artificial del acuífero, en forma permanente y segura, ya que ha sido menguado por la explotación intensa que ha provocado el abatimiento de su nivel (DGCOH, 1995).⁵⁴

Reúso industrial

Expone Juan Rodríguez Jiménez⁵⁵ que el vertido de aguas residuales industriales elevan la concentración de compuestos orgánicos y genera problemas de tratamiento con los sistemas convencionales. Por ello, en diversos países, se están desarrollando programas para reducir las concentraciones de contaminantes de sus descargas al sistema de alcantarillado, con ello, se pretende eliminar la interferencia de contaminantes no deseados en la operación de las estaciones depuradoras de aguas residuales y, evitar que los contaminantes puedan pasar a través del sistema de tratamiento sin ser modificados o degradados, dando un resultado para mejorar

⁵⁴ Jiménez Cisneros, Blanca, *Op. cit.*, pp. 195-200.

⁵⁵ Rodríguez Jiménez, Juan J, *Op. cit.*, p.49.

las posibilidades de reúso y de lodos generados, ya no será portador de sustancias indeseables.

La demanda de agua residual tratada para uso industrial depende del tipo y tamaño de cada industria, el costo limita su empleo sólo para enfriamiento o procesos que involucren en requerimiento poco estricto de la calidad. Blanca Jiménez propone que los requisitos de calidad son los contaminantes orgánicos en estado sólido o disuelto, contaminantes inorgánicos; mientras que los procesos en los que se puede emplear las aguas residuales son en sistemas de enfriamiento, lavado y transporte industrial.⁵⁶

En México la primera experiencia de este tipo fue en 1955, en Monterrey. Algunas de las industrias que emplean agua tratada están ubicadas en Monterrey y en la zona metropolitana del valle de México, la experiencia es aun mínima. “...actualmente sólo se distinguen dos tipos de prácticas, una de ellas corresponde a las plantas industriales que se abastecen directamente del alcantarillado y ellas mismas se encargan del tratamiento para cumplir sus requerimientos de calidad, por ejemplo, la termoeléctrica de Tula, que cuenta con la planta que trata de 850 a 1,300 L/s de agua residual del Gran Canal y la emplea en enfriamiento.”⁵⁷

Si se invierte en investigación, educación, ciencia, tecnología, cultura, tendremos herramientas para conocer y proteger al ambiente, en este caso, a través del agua, del tratamiento de las aguas residuales y darles un uso eficiente, conocer en qué se pueden emplear, porque cada día somos más personas y los recursos naturales no aumentan y el agua es la misma, al ser un ciclo estamos desperdiciando no solo al derrochar al agua potable, sino al no aprovechar las aguas residuales. En México hay personas interesadas, dedicadas a la investigación del agua, sin embargo, es nulo el interés del gobierno federal y de la ciudad en destinar fondos y crear equipos de gente especializada para formar y ejecutar proyectos de aguas residuales

⁵⁶ Jiménez Cisneros, Blanca, *Op. cit.*, p. 204.

⁵⁷ *Ibidem*, p. 204.

tratadas con criterios altos de calidad, con normas actualizadas y personas con ética para llevar a cabo nuestros de vida sin alterar la salud del ambiente y la humana.

1.2.3 Contaminación

La definición de contaminación es importante entenderla para nuestro tema, el recurso hídrico en las ciudades se altera en su composición, por ello es fundamental entender qué es la contaminación.

Un contaminante se define como “una sustancia que aparece en el ambiente, al menos en parte, como resultado de las actividades humanas, y que tiene un efecto nocivo sobre el entorno”, así lo explican Mackenzie-L Davis y Susan Masten, continúan exponiendo que los contaminantes se refieren a una “gama de compuestos desde una superabundancia de nutrientes que dan lugar a un enriquecimiento del ecosistema a compuestos tóxicos que pueden ser carcinógenos (causantes de cáncer), mutágenos (causan daño a los genes) o teratogénicos (compuestos que acusan anormalidades a los embriones en desarrollo).”⁵⁸ Ellos clasifican a los contaminantes en dos grupos, los que cambian al medio físico y los tóxicos. El primer grupo, que cambian al medio físico, son aquellos contaminantes que no tienen ningún efecto directo evidente sobre los organismos vivos, pero cambian al medio físico de tal forma que hacen que las condiciones sean inadecuadas para la vida. El segundo grupo, los tóxicos, afectan directamente la salud de los organismos.⁵⁹

Edgard Baqueiro, explica que un “contaminante es todo elemento, sustancia, organismo o energía extraño a un lugar determinado, con efecto negativo sobre la estabilidad o salud de un ecosistema o de sus componentes, o bien toda materia extraña o sus compuestos o derivados químicos o biológicos, tales como humos, polvos, cenizas, gases o bacterias, residuos o desperdicios que al incorporarse o

⁵⁸ Mackenzie-L Davis, et. al, *Ingeniería y Ciencias Ambientales*, Mac Graw Hill, México, 2005, p. 343 y 344.

⁵⁹ *Ibidem*, p. 344.

adicionarse al agua, aire o tierra alteran o modifican sus características naturales, así como toda forma de energía como el calor y la radiactividad que al operar los elementos agua, aire o tierra alteran su estado natural.”⁶⁰ El autor en mención clasifica en dos los tipos de contaminación, química y física. La contaminación química es a la que más atención se le ha dado, debido a los daños causados en la salud humana, como lo es desde irritaciones hasta cáncer, alteraciones neurotóxicas y fisiológicas; por su amplia extensión e impacto en todas las actividades humanas, se produce por los desechos, productos y procesos nocivos. Los contaminantes físicos, se da cuando se altera la topografía de un área.⁶¹

Por su parte Arturo Trapote indica que la contaminación hídrica es la “modificación de la composición o estado de las aguas originada por la actividad antrópica, consiste en la incorporación de materia orgánica, materia en suspensión, gérmenes patógenos, grasas, hidrocarburos, ácidos, bases, sales, elementos tóxicos y elevación de la temperatura como características más representativas.”⁶²

En la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en su artículo 3, fracción VI, se define la contaminación como la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico. La fracción VII, del mismo artículo, nos explica que contaminante es toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

El desequilibrio ecológico, nos da la definición la misma ley citada, en el artículo 3, fracción XII, dice que es, la alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

⁶⁰ Baqueiro Rojas, Edgard, *Op. cit.*, p.26.

⁶¹ *Ibidem*, p. 26, 27,

⁶² Trapote Jaume, Arturo, *Infraestructuras Hidráulicas-Sanitarias II. Saneamiento y Drenaje Urbano*, Publicaciones de la Universidad de Alicante, Editorial UNE, España, 2011, p. 13.

Para nuestro tema, la contaminación del agua se da en todas aquellas actividades en donde se utilice el recurso, como lo son las domésticas, industriales, agrícolas, al hacer uso, se introducen demasiadas sustancias de contaminantes químicos, físicos, todos son tóxicos, alteran la salud y calidad de vida de todos los seres vivos, el grado de contaminación hace que se restrinja el reuso, por ello es importante conocer los tipos de contaminantes para controlar y prevenir la contaminación del agua y saber el tratamiento que se le tiene que dar para un óptimo y eficaz reuso.

1.2.4 Drenaje

Todas las poblaciones que son dotadas de suministro de agua, cualquiera que sea su procedencia, requieren de un sistema de desagüe llamado alcantarillado. El *sistema de alcantarillado* “se define como el conjunto de conductos y estructuras destinados a recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas servidas o aquellas que por una u otra razón representen un peligro para la localidad.”⁶³

Ernest Steel nos explica que “la *red de alcantarillado* tiene la misión de recoger las aguas residuales de las zonas habitadas y conducir las a un cierto punto para su evacuación. En muchas ocasiones, los líquidos residuales deberán someterse a un tratamiento... antes de su vertido a un curso de agua..., de modo que no puedan ser causa de peligro para la salud pública u ocasionar perjuicio...”⁶⁴ y, una *alcantarilla* es un tubo o conducto cerrado, que en general no fluye lleno, y que se destina a la conducción de las aguas residuales.

Menciona Gordon Maskew, John Geyer y Daniel Okun que “el *drenaje sanitario* es el abastecimiento de agua desechada por la comunidad, el *drenaje doméstico* es el agua residual procedente de cocinas, baños, lavabos, sanitarios y lavanderías.”⁶⁵

⁶³ Pérez Carmona, Rafael, *Desagües*, Escala Fondo Editorial, Escala Revista de Arquitectura, Arte e Ingeniería, Escala Taller Litográfico, Bogotá, Colombia, 1988, p. 19.

⁶⁴ Steel, E. W., *Op. cit.*, pp. 339 y 340.

⁶⁵ Maskew Fair, Gordon, et. al, *Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Abastecimiento de aguas y Remoción de Aguas Residuales*, Tomo I, Editorial Limusa, México, 1983, p. 64.

Para Davis Mackenzie, Susan Masten, Rafael Pérez, los drenajes se clasifican en tres categorías: la primera, son drenajes sanitarios, alcantarillados o de aguas negras; los segundos, drenajes pluviales y, los terceros, son drenajes combinados o unitarios, en la **Figura 1.1** se describen las características de estos. En cambio, otros autores como Arturo Trapote, Miguel Espigares y José Pérez, dividen las redes de drenaje en dos sistemas: el sistema separativo y el sistema unitario. Las redes unitarias conducen de forma conjunta aguas residuales domésticas, industriales y pluviales; esta red se diseña con capacidad para absorber en un mismo conducto estas aguas. Y en la red separativa, una es para aguas residuales domésticas e industriales, y la otra conduce las aguas pluviales que descargan directamente en cursos de agua naturales.⁶⁶

“Las redes de saneamiento en los sistemas de alcantarillado y drenaje tienen una función análoga a la de las redes de distribución en los abastecimientos de agua. Sin embargo, ambas se diferencian en un punto básico: mientras que las redes de distribución tienen como misión fundamental el reparto de un cierto caudal entre múltiples usuarios, las redes de saneamiento se encargan de recoger o captar las aportaciones de estos mismos usuarios (y las de la precipitación), transportarlas y reunir las en uno o en un número reducido de puntos, desde los cuales resulte fácil su devolución a la naturaleza previo su tratamiento final.”⁶⁷

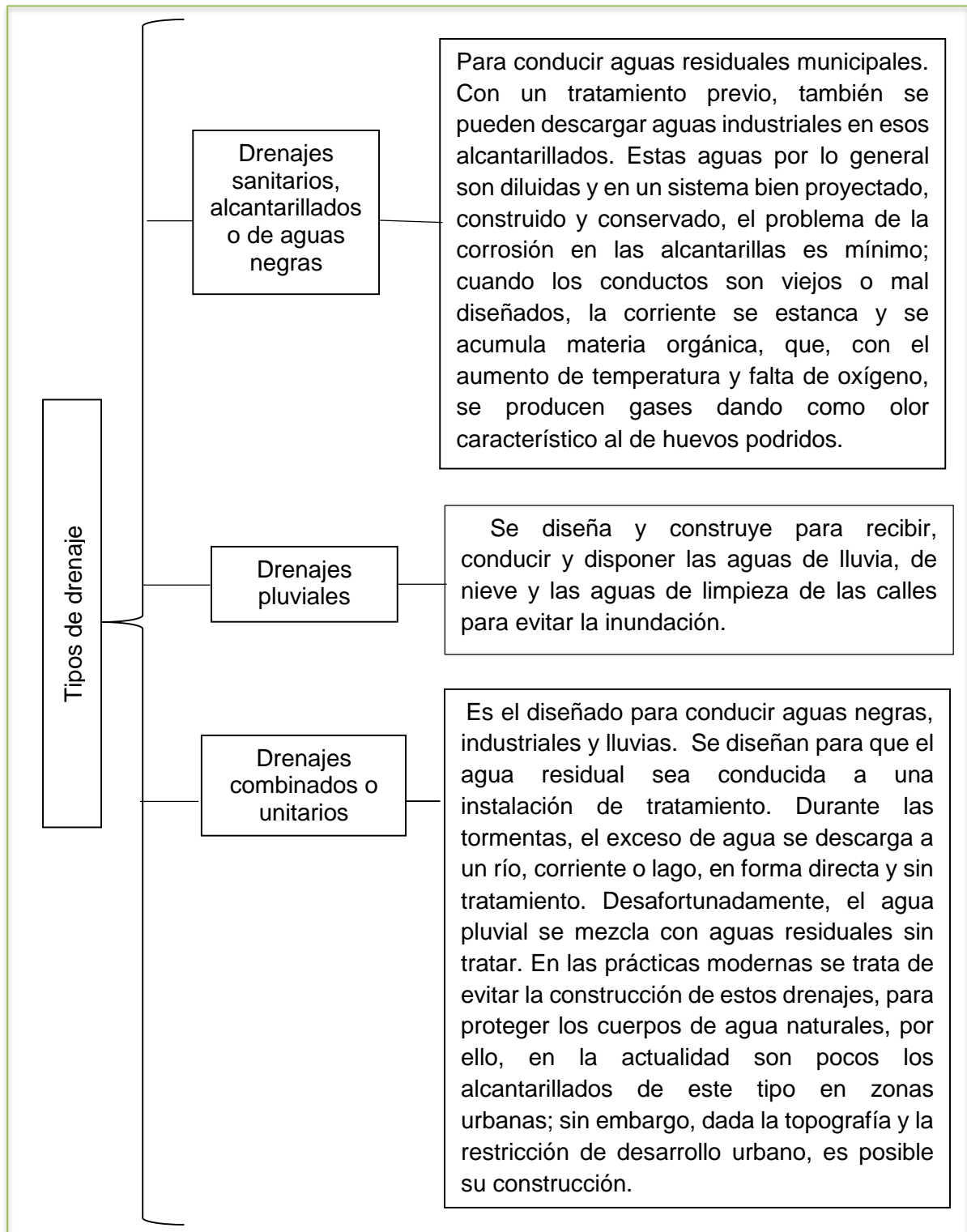
El desafío es el suministro de agua, y casi toda se convertirá en residual, que posteriormente deberá recogerse y evacuarse.⁶⁸ Así que veamos ahora como está integrada generalmente una infraestructura hidráulica.

⁶⁶ Cfr. Trapote Jaume, Arturo, *Infraestructuras Hidráulico-Sanitarias II. Saneamiento y Drenaje Urbano*, Publicaciones de la Universidad de Alicante, Editorial UNE, España, 2011, p.29. y de Pérez López, José Antonio, p.316.

⁶⁷ Trapote Jaume, Arturo, *Op. cit.*, p.28.

⁶⁸ Cfr. Guasch y Saunders, Juan Carlos, *Evaluación de la infraestructura hidráulica de la Cuenca del Valle de México*, Gobierno del Distrito Federal, Secretaria del Medio Ambiente, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, México, 2004, p.1.

Figura 1.1 Clasificación de drenajes sanitarios, pluviales y combinados⁶⁹



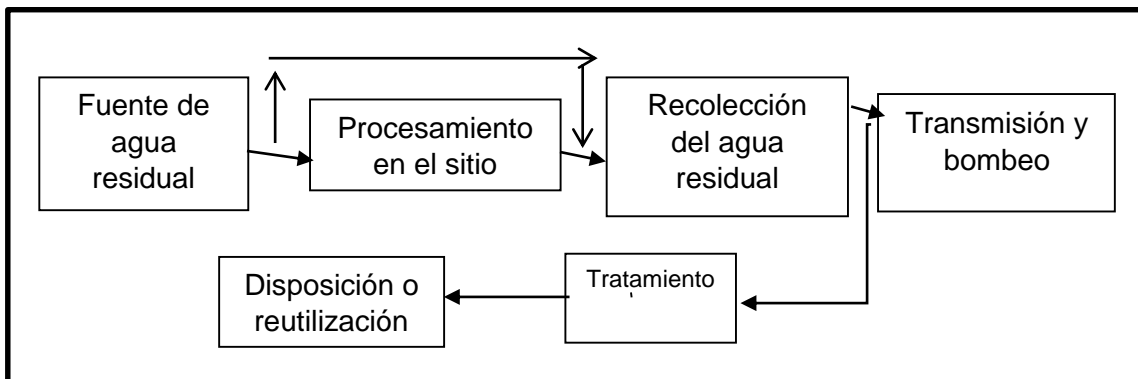
⁶⁹ Mackenzie-L, Davis, et. al, *Ingeniería y ciencias ambientales*, Mac Graw Hill, México, 2005, p.11. Y Pérez Carmona, Rafael, pp. 19 y 2

1.2.4.1 Infraestructura hidráulica

“Las infraestructuras de drenaje urbano están encaminadas a corregir los efectos negativos provocados por la urbanización...Dada la elevada densidad de nuestras ciudades es prácticamente imposible disminuir de forma significativa la escorrentía mediante la infiltración natural en el terreno...”⁷⁰

En su forma más simple, como es en la representación del subsistema de administración del agua residual, este se integra en seis partes, como lo podemos apreciar en la **Figura 1.2**, que, primero es la fuente del agua residual, ya sea esta municipal y/o industrial, en este punto se adhieren los contaminantes de origen; después, pasa a los sistemas de alcantarillado en donde se van recolectando las aguas, se bombean y conducen hasta las plantas tratamiento (hay que tener en cuenta que en la Ciudad de México no todas las aguas residuales reciben tratamiento, sino que se incorporan directo al drenaje), concluyendo en la disposición de reuso.

Figura 1.2. Subsistema de administración de agua residual⁷¹

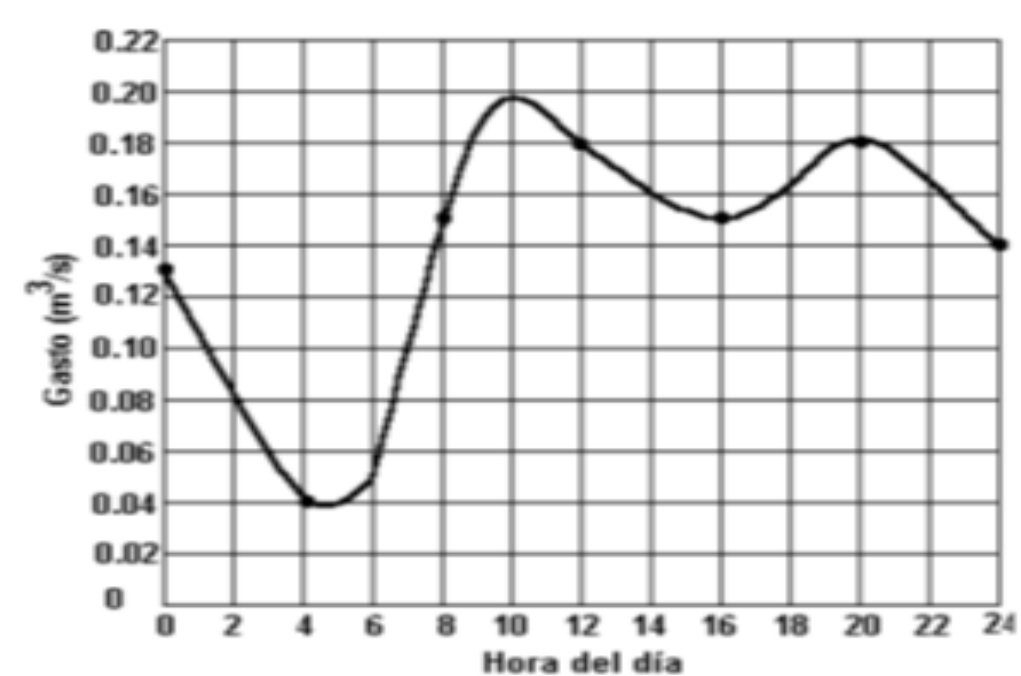


⁷⁰ Trapote Jaume, Arturo, *Op. cit.*, p.34.

⁷¹ Diagrama tomado de Mackenzie-L, Davis, et. al, *Ingeniería y ciencias ambientales*, Mac Graw Hill, México, 2005, p. 10. Que a su vez fue tomado de Linsley, R. K., Fanzini, J. B., *Water Resources Engineering*, McGraw-Hill, Nueva York, 1979.

La cantidad de agua que va a la planta de tratamiento varía durante el día, dependiendo del consumo, por ejemplo, se usa y se vierte más agua en las mañanas que en las tardes, de acuerdo con Davis Mackenzie-L y Susan J. “la mayor parte del agua que se utiliza en una comunidad termina en el alcantarillado. Entre 5 y 10% se pierde al regar prados, lavar coches y otros usos semejantes.”⁷², para una mejor comprensión presentamos la **Gráfica 1.1**, en la cual vemos que efectivamente el mayor consumo de agua es por las mañanas y disminuye en el transcurso del día.

Gráfica 1.1. Hidrograma típico de la generación de aguas residuales domésticas⁷³



Posterior al uso del agua potable, nos explica Francisco Meré “las aguas residuales son colectadas de los usuarios a través de tubos de pequeño diámetro llamados *albañales* estos descargan en conductos que corren a lo largo de las calles llamados

⁷² Mackenzie-L, Davis, et. al, *Ingeniería y ciencias ambientales*, Mac Graw Hill, México, 2005, p. 10.

⁷³ Gráfica tomada de Mackenzie-L, Davis, et. al, *Ingeniería y ciencias ambientales*, Mac Graw Hill, México, 2005, p. 11.

laterales o *atarjeas*. El tubo que colecta dos o más laterales se llama *ramal* o *secundario* los que a su vez se conectan a tuberías *troncales*.

Las atarjeas adoptan diferentes formas. Entre las más comunes están los *albañales* que reciben las aguas servidas directamente del usuario; las *atarjeas*, conductos que reciben el agua servida de los albañales pudiendo ser simples o compuestos formando ramales...; una *atarjea principal* puede hacer el papel de subcolector; los *colectores*, conductos que reciben aguas colectadas por las atarjeas. Pueden ser simples o ramificados. Cuando deja de recibir aportaciones de las atarjeas y solo efectúan el papel de conductores se llaman *colectores de descarga* o *emisores* (normalmente fuera de las zonas urbanas) y los *interceptores* que son los que conducen el caudal, total o parcial, de un colector a otro conducto. El *colector troncal* es la tubería principal que recibe la descarga de las alcantarillas y las conduce a un interceptor o a un emisor. El *interceptor* es un conducto de tubería de gran tamaño que intercepta el flujo de colectores con la única finalidad de proteger corrientes o cuerpos de agua, evitando las descargas directas. El *emisor* es el conducto final del sistema de alcantarillado cuya función es la de conducción de las aguas de desecho hasta el punto de descarga.”⁷⁴

Continúa el autor exponiendo las principales formas de canalización de las aguas residuales generadas en las zonas urbanas, señalaremos algunas:

- *Alcantarilla*: conducto a través del cual fluyen aguas negras, aguas pluviales u otros desechos;
- *Albañales pluviales*: reciben las aguas producidas por las lluvias;
- *Cajas de unión y pozos especiales*: se construyen cuando los pozos de visita son insuficientes para recibir las tuberías colectoras;
- *Coladera pluvial*: la admisión se hace por lo general sobre la guarnición de la banqueta, compuestos por una rejilla y un registro;
- *Colector*: conducto cerrado de sección circular, rectangular o cuadrada, generalmente va enterrado.

⁷⁴ Meré Alcocer, Francisco Javier, *Op. cit.*, pp. 119-121.

- *Curvas y conexiones*: se construyen en la unión de dos o más conductos que presentan un cambio de dirección;
- *Desfogue o desembocadura*: obra especial construida en el lugar donde un colector entrega sus aguas al río;
- *Por zonas*: compuesto por varios colectores, que forman gradas al conectarse a un emisor;
- *Pozos de visita*: reciben el agua de los albañales, de alcantarillado o pluviales. Se localizan en general en los cruceos de las calles, son en forma de chimeneas con capacidad para una persona. Se colocarán a distancias entre 100 y 150 metros;
- *Sifones invertidos*: sirven para librar obstáculos al conducir el caudal de un colector a otro conducto, por ejemplo, en carreteras;
- *Transversal*: compuesto de varios colectores que descargan directamente al canal natural o artificial;
- *Transversal con interceptor*: compuesto por un interceptor que recibe los colectores hasta un punto de descarga;
- *Vertedores*: se utilizan para desviar determinado gasto de un conductor a otro colector o alcantarilla.

Sabemos cómo está compuesto generalmente un sistema de alcantarillado, ahora veamos los distintos tipos de descargas que ingresan a las alcantarillas, que derivan de los distintos usos que damos al agua suministrada.

1.2.4.2 Sistema de alcantarillado

Recordemos la expresión de “agua va”, que era cuando la gente arrojaba sus residuos por la ventana, la calle era el retrete común, esto paso en todo el mundo. Conforme fue creciendo la población se cimentaron los llamados pozos negros, que se hicieron en los terrenos adyacentes a las casas para que ya no estuvieran en la calle, y para limpiarlos era difícil y poco higiénico. Después se construyeron los canales centrales en los empedrados, y así comenzó la construcción de las

alcantarillas, que eran conductos (apenas enterrados) para recoger los residuos líquidos que se arrojaban a la calle para que no estuviese tan sucia y se pudiera transitar mejor⁷⁵.

Este es el inicio de las alcantarillas, su objetivo era quitar las aguas residuales, aunque sin enlace aún con las casas. Con las obras de los alcantarillados unitarios también fue inicio de los trabajos colectivos de saneamiento para el agua y para contribuir a la protección de la salud pública.

Pero las alcantarillas solo fueron parte de la solución al problema de las descargas, porque eran vertidas en las corrientes de agua. En una línea de tiempo, primero fue la colección de éstas aguas y mucho después su tratamiento; se consideró el tratamiento hasta que se hizo perceptible que la capacidad de autopurificación de los cuerpos de agua receptores había sido rebasada por las descargas, que eran excesivas y aumentaban los males en la salud del planeta y del humano.

El sistema de alcantarillado se define como el conjunto de conductos y estructuras destinados a recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas servidas o aquellas que por una u otra razón representen peligro para la comunidad⁷⁶.

De acuerdo a su procedencia, Rafael Pérez lo dividen en tres:

A. Alcantarillas pluviales

Se diseña para recibir las aguas de lluvia, granizo, nieve. Para medirla se utiliza un registro continuo (con un pluviógrafo para llevar un registro gráfico), y lectura directa (con un pluviómetro, son recipientes calibrados con una reglilla) para realizar cálculos de precipitación diaria, mensual o anual, todo en milímetros.

⁷⁵ Hernández Muñoz, Aurelio, Saneamiento y Alcantarillado, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, Colección Senior, No. 7, segunda edición, Madrid, España, 1990, p. 53.

⁷⁶ Pérez Carmona, Rafael, *Op. cit.*, p. 19.

B. Alcantarillas sanitarias

Se diseña para recibir, conducir y disponer las aguas domésticas. Por lo general estas aguas sin fermentarse son ligeramente alcalinas o neutras y diluidas, y si está bien proyectado el sistema, construido y conservado, el problema de la corrosión no será tan grave, siempre y cuando la velocidad de la corriente sea suficiente para arrastrar los desperdicios hasta el punto de descarga antes que se inicie la putrefacción. En cambio, cuando estos conductos son viejos, cuando la corriente es lenta o hay asentamientos, pueden acumularse en ciertos puntos las descargas de materias orgánicas y, aumentando la temperatura y la concentración de más desperdicios y poco oxígeno, entonces, se inicia la acción de las bacterias, originando los gases cloacales y si hay aguas sulfatadas, se forma ácido sulfhídrico, que en cantidades exageradas puede ser mortal. Cuando se combina la humedad con el oxígeno de la atmósfera del conducto se forman ácidos sulfurosos o sulfhídricos, generando corrosión en el conducto. Por eso los conductos deben proyectarse de acuerdo a las velocidades de arrastre para evitar el sedimento.

A su vez las alcantarillas sanitarias se clasifican en:

- a) Tramos iniciales: reciben directamente las domiciliarias;
- b) Tramos secundarios: reciben caudales de uno o más tramos iniciales;
- c) Colector principal: recibe caudales de las anteriores;
- d) Interceptores: es un colector diseñado y construido paralelo a un canal, río, para evitar el vertimiento de las aguas negras a los anteriores;
- e) Emisario final: es un colector que lleva parte o la totalidad de las aguas negras de una localidad al sitio de vertimiento en las afueras de la ciudad.

C. Alcantarillas combinadas

Es diseñado para conducir aguas negras, industriales y lluvias. Los colectores combinados tienen la ventaja de que se lavan cuando llueve.

1.2.4.3 Tipos de descarga

Los tipos de descarga son las fuentes contaminantes, presentamos que pueden ser de origen doméstico, industrial o agrícola. Aurelio Hernández⁷⁷ menciona que son:

- *Origen doméstico*: las sustancias incorporadas son las provenientes de la actividad humana, recordemos que son por deyecciones, alimentos, limpieza. Se caracterizan por ser inodoras (si son recientes), por su color amarillento o blanco, y cuando se fermentan huelen a ácido sulfhídrico y el color cambia a gris negruzco;
- *Origen industrial*: sustancias procedentes de las industrias, como materia prima, productos de transformación, transmisión de frío y calor. Aquí en este rubro va a variar porque descargaran sustancias propias a la actividad, pero todos contienen tóxicos, iones metálicos, productos químicos, hidrocarburos, detergentes, pesticidas, productos radioactivos.
- *Origen agrícola*: provienen de las actividades agrícolas y ganaderas. Descargaran sustancias como pesticidas, herbicidas, residuos varios, estiércol. Estos residuos son poco contaminantes, perjudican poco las aguas del cuerpo receptor. Lo que destaca es que los fertilizantes ya no son de origen orgánico, ahora contienen abono de origen inorgánico como sulfatos, nitratos, fosfatos.

Rubens Ramalho⁷⁸ señala que las fuentes de aguas residuales son cuatro:

- Aguas domésticas o urbanas;
- Aguas residuales industriales;
- Escorrentías de usos agrícolas y
- Pluviales.

⁷⁷ Hernández Muñoz, Aurelio, *Op. cit.*, pp.41 y 42.

⁷⁸ Ramalho, Rubens, *Tratamiento de Aguas Residuales*, Editorial Reverté, Barcelona, España, 1996, p. 10.

Menciona Rubenss Ramalho algo muy importante: “Normalmente las aguas residuales, tratadas o no, se descargan a un receptor de aguas superficiales (mar, río, lago, etc.), que se considera medio receptor.”⁷⁹ Es importante esta afirmación, porque mencionamos sólo a este autor para esta aseveración, sin embargo, en diversos libros en donde se realicen estudios de aguas residuales, siempre está presente el antecedente histórico, en el cual se describe que desde los primeros asentamientos humanos se vertieron los desechos en las aguas superficiales, hasta la fecha se sigue realizando esta actividad, por ello es importante que todas las descargas se traten previamente al verter en un cuerpo receptor natural o al sistema de alcantarillado, para evitar y prevenir deterioro en el ambiente y en la salud.

Estas impurezas y contaminantes que agregamos al agua modifican su estado y produce efectos casi siempre negativos. A continuación, se presenta una tabla de los contaminantes más importantes que se presentan en las aguas residuales, así como las alteraciones por acumulación de metales, los metales; por ejemplo, los encontramos en algunos alimentos, porque se usan en diversas ramas de la industria en procesos químicos. Ver **Tabla 1.4** y **Tabla 1.5**.

Tabla 1.4 Contaminantes importantes de las aguas residuales⁸⁰

Contaminante	Fuente	Importancia ambiental
Sólidos suspendidos	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red.	Causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos.
Compuestos orgánicos biodegradables	Desechos domésticos e industriales.	Causa degradación biológica, que incrementa la demanda de oxígeno en los cuerpos receptores y ocasiona condiciones indeseables.
Microorganismos Patógenos	Desechos domésticos.	Causan enfermedades transmisibles.
Nutrientes	Desechos domésticos e industriales	Pueden causar eutroficación.
Compuestos orgánicos refractarios *	Desechos industriales	Pueden causar problemas de sabor y olor; pueden ser tóxicos o carcinogénicos.
Metales pesados	Desechos industriales, minería,	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reúso del efluente.

⁷⁹ Idem.

⁸⁰ Valdez, Enrique César, et al, *Op. cit.*, p. 26.

	etc.	
Sólidos inorgánicos disueltos	Debido al uso doméstico o industrial se incrementan con respecto a su nivel en el suministro de agua	Pueden interferir con el reúso del efluente.

*Refractario: se aplica al cuerpo que resiste la acción de agentes químicos o físicos, especialmente altas temperaturas, sin descomponerse.

Tabla 1.5 Alteraciones por acumulación de metales pesados⁸¹

METAL	ALTERACIÓN POR ACUMULACIÓN	METAL	ALTERACIÓN POR ACUMULACIÓN
Cadmio	Anomalías en hígado y riñón	Antimonio	Efecto cancerígeno
Cobre, cromo, boro, plomo	Causante de saturnismo y se acumula en moluscos	Bario	Efectos sobre el corazón, vasos sanguíneos y nervios
Plata	Produce argiria	Flúor	Fluorosis
Arsénico	Melanodermia del pie y acumulación en mariscos	Selenio	Produce cáncer y caries

1.2.4.4 Tratamiento de las aguas residuales

Al tratamiento de las aguas residuales se le conoce como *sistema hidrosanitario urbano*, en primer lugar, el agua es captada de la fuente de abastecimiento, si el agua no reúne las condiciones necesarias de potabilidad, se le da un tratamiento, para después canalizarla a los usuarios; una vez que ha sido utilizada para las diversas actividades que le damos al recurso, ya sea para uso doméstico, comercial, industrial, agroalimentario, se descargan estas aguas, para este momento ya el agua presenta diversos componentes, que dependerá del uso que se le dio, por ejemplo, jabones, materia orgánica, en uso doméstico; grasas, aceites, metales, compuestos químicos, en la industria y comercios; fertilizantes en la agricultura.⁸²

⁸¹ Pérez López, José Antonio, et. al, *Estudio Sanitario del agua*, Universidad de Granada, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada, Campus Universitario de Cartuja, Granada, Colección Anónimas y Colectivas, España, 1995, p. 325

⁸² López Ruíz, Rafael, *Op. cit.*, p. 3.

Las aguas residuales, son mezcladas con contaminantes procedentes de todo tipo y son desalojadas del predio hacia el alcantarillado a través del albañal, luego, por el emisor son enviadas al suelo o a cuerpos de agua, que es aquí en donde en ocasiones no lleva ningún tratamiento⁸³, el esquema de la **Figura 1.3** muestra lo anterior.

Por razones de salud pública y del equilibrio a los ecosistemas es fundamental y primordial mantener una idónea calidad del agua. “Es por ello que el tratamiento de las aguas residuales tiene como objetivo la remoción de sustancias contaminantes a fin de evitar efectos nocivos en la calidad de los cuerpos de agua receptores...La etapa inicial del tratamiento se denomina pretratamiento, y se usa para homogenizar el influente de la planta, separar grasas y aceites, eliminar sólidos de tamaño muy grueso tales como basura y material sedimentable mayor a 10 micras.”⁸⁴

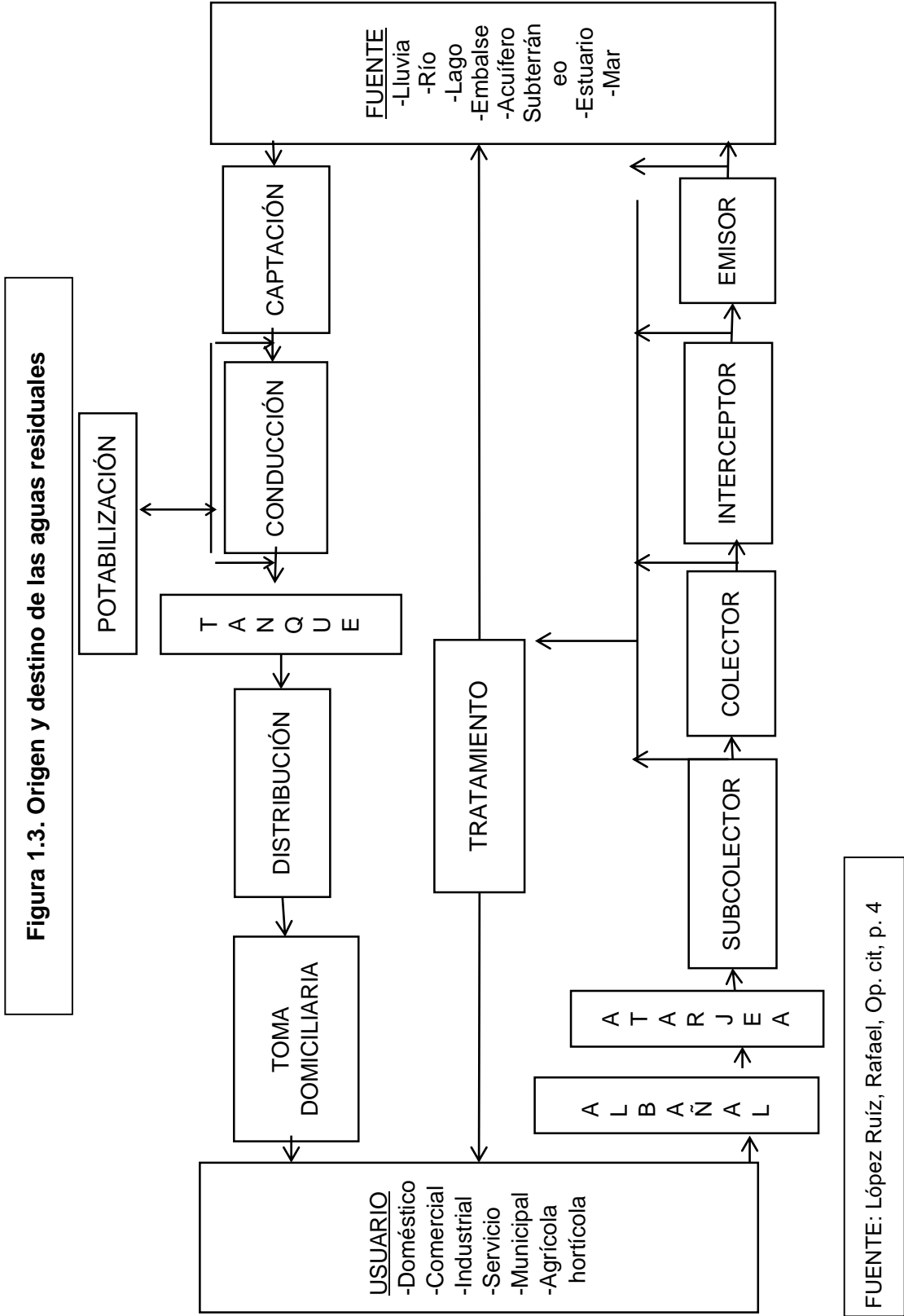
El tratamiento se clasifica de acuerdo a los contaminantes que se separan, en primario, secundario y terciario. Formaremos un resumen de lo que Clementina Ramírez⁸⁵, José Pérez López y Miguel Espigares García⁸⁶ describen acerca del tratamiento de las aguas residuales:

⁸³ *Idem.*

⁸⁴ Ramírez Cortina, Clementina, *Op. cit.*, p.59.

⁸⁵ *Ibidem*, pp. 59, 83, 86, 94, 107, 108, 110, 117, 122, 131 y 155

⁸⁶ Pérez López, José Antonio, *Op. cit.*, pp. 335-339, 349, 352 y 353.



FUENTE: López Ruíz, Rafael, Op. cit, p. 4

Clementina Ramírez categoriza el tratamiento en primario, secundario, terciario y de lodos.

Tratamiento primario:

- Remueve sólidos suspendidos, ajusta pH y rompe emulsiones.
- Uno de los puntos importantes del tratamiento es "...disminuir el contenido de sólidos y lograr las condiciones adecuadas para el tratamiento secundario..." Se caracteriza por:
 - *Homogenización*: la finalidad es uniformar el flujo, la carga de contaminantes y las condiciones físico-químicas de las aguas residuales en la planta de tratamiento;
 - *Neutralización*: las aguas residuales de las industrias son alcalinas o ácidas, por ello antes de descargar las aguas residuales a los cuerpos de agua receptores, resulta más económico neutralizar antes y mantener los rangos de pH en 6.5 a 8.5;
 - *Sedimentación*: Es la separación de partículas más pesadas que el agua mediante la acción de la gravedad.

Tratamiento secundario:

Remueve materia orgánica biodegradable:

- *Tratamiento físicoquímico*: específicamente útil para eliminar la materia coloidal y los sólidos orgánicos disueltos;
- *Precipitación química*: adición de reactivos químicos para eliminar sustancias disueltas con el fin de potabilizar, o separar los contaminantes;
- *Floculación*: por medio de sustancias químicas se aumenta el contacto entre partículas para formar flóculos;
- *Tratamiento biológico*: remueve la materia orgánica en estado coloidal y disuelto, que no fue removida en el tratamiento primario. A su vez esta se subdivide en tratamiento aerobio y anaerobio.

Tratamiento terciario:

“...elimina sustancias orgánicas resistentes al tratamiento biológico, como detergentes, plaguicidas, nutrientes, metales pesados y microorganismos patógenos.”

- *Desinfección:* Se refiere a la destrucción selectiva de los organismos patógenos. Los agentes químicos que se han usado como desinfectantes incluyen: fenol y compuestos fenólicos, alcoholes, yodo, cloro y sus compuestos, bromo, ozono, metales pesados y sus compuestos, jabones y detergentes sintéticos, compuestos cuaternarios de amonio, peróxido de hidrógeno y varios álcalis y ácidos.

Tratamiento de los lodos:

“...consiste en digerir o acondicionar los sólidos separados en el pretratamiento y en las fases primaria, secundaria y terciaria, hasta obtener un residuo inerte”

Pérez López y Espigares García dividen el tratamiento solo en las tres primeras etapas, que son el primario, secundario y terciario.

Tratamiento primario:

- Elimina los sólidos en suspensión, es el tratamiento más económico. Se retiran los materiales grandes que puedan dañar las instalaciones. Las principales operaciones son:
 - *Separación por tamaño:* se utilizan rejas y micromallas. Estos materiales fragmentan los sólidos grandes, para ser eliminados por sedimentación;
 - *Sedimentación:* consisten en que las materias que tengan mayor densidad que el agua irán hacia el fondo, por gravedad;
 - *Flotación:* es un proceso físico, las partículas más ligeras que el agua tienden a flotar en la superficie, “...existe la flotación forzada...se hace que las partículas más ligeras, por formación de burbujas de aire que se adhieren a ellas y las obligan a subir a la superficie, desde donde son retiradas mecánicamente.”

Tratamiento secundario:

- Es un tratamiento biológico, se eliminan los organismos patógenos. "... está inspirado en el proceso natural de autodepuración, alterando determinadas condiciones para aumentar el rendimiento: se facilita el desarrollo de microorganismos capaces de asimilar la materia orgánica biodegradable, y por ello se conoce también como tratamiento biológico."
- *Tratamiento aerobio*: los microorganismos metabolizan la materia orgánica presente en las aguas, oxidando parte de los compuestos;
- *Tratamiento anaerobio*: la materia inorgánica y la orgánica se descomponen en ausencia de oxígeno.

Tratamiento terciario:

- Elimina sustancias minerales hasta conseguir un agua casi natural, es muy caro este tratamiento. Elimina las sustancias (bacterias y virus patógenos) que no se eliminaron en los anteriores tratamientos.
- En los procesos *Físico-químicos*: se utilizan los mismos procedimientos para la desmineralización del agua;
- En los procesos *Biológicos*: las aguas residuales que ya pasaron por un tratamiento secundario, tienen enormes cantidades de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio y potasio, que da lugar a que crezcan microalgas y con ayuda de la energía solar y de la fotosíntesis, estos microorganismos transforman estas aguas en útiles y pueden ser rehusadas en múltiples actividades.

1.2.4.5 Control y daño ambiental

El tren de tratamiento de las aguas residuales es el control de las mismas, se deben realizar con prudencia, debido a que las consecuencias de no hacerlo, traen aparejado enfermedades, contaminación para el planeta.

Algunos de los contaminantes de más importancia en las aguas residuales que presenta Rafael López Ruíz, los podemos ver en la **Tabla 1.6**.

Tabla 1.6 Contaminantes de importancia en aguas residuales⁸⁷

CONTAMINANTE	CAUSA DE SU IMPORTANCIA
Sólidos suspendidos	Pueden coincidir al desarrollo de depósitos de lodos y condiciones anaerobias cuando se descargan aguas residuales crudas en un medio acuático.
Materia Orgánica Biodegradable	Está compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas. Se mide en términos de DBO y DQO generalmente. Si no es previamente removida puede producir agotamiento del OD de la fuente receptora y desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Organismos que producen enfermedad.
Nutrientes	El C, N y P son nutrientes. Cuando se descargan en las aguas residuales pueden producir crecimiento de vida acuática indeseable. Cuando se descargan en cantidad excesiva sobre el suelo pueden producir contaminación del agua subterránea.
Materia Orgánica Refractaria	Resiste el tratamiento convencional. Ejemplos: detergentes, fenoles, y plaguicidas agrícolas.
Metales pesados	Proviene de aguas residuales comerciales e industriales y es posible que deban ser removidos para reúso de agua.
Sólidos Inorgánicos Disueltos	Algunos como el calcio, sodio y sulfatos son agregados al suministro doméstico original como resultado del uso y es posible que deban ser removidos para reúso del agua.

Mientras que algunos de los contaminantes de más importancia presentes en las aguas residuales, sus parámetros y el impacto ambiental que se genera, lo presenta Rafael López Ruíz, para tener un mejor panorama, los transcribimos a continuación en la **Tabla 1.7**.

Tabla 1.7 Contaminantes, parámetros e impactos ambientales⁸⁸

CONTAMINANTE	PARÁMETRO TÍPICO DE MEDIDA	IMPACTO AMBIENTAL
Materia biodegradable	DBO;DQO	Desoxigenación del agua, generación de olores indeseables.

⁸⁷ López Ruíz, Rafael, *Op. cit.*, p. 7. Que a su vez fue tomada de Metcalf and Eddy Inc. Wastewater Engineering; 2ª Ed. McGraw-Hill Book Co, 1980.

⁸⁸ López Ruíz, Rafael, *Op. cit.*, p. 7. Que a su vez fue tomada de Rich L. G.; Low Maintenance, Mechanically Simple Wastewater Treatment Systems. McGraw-Hill Book Co, 1980.

Materia suspendida	SST, SSV	Causa turbiedad en el agua, deposita lodos.
Patógenos	Coliformes fecales	Hace el agua insegura para consumo y recreación.
Amoniaco	NH_4^+-N	Desoxigena el agua, es tóxico para organismos acuáticos y puede estimular el crecimiento de algas.
Fósforo	Ortofosfatos	Puede estimular el crecimiento de algas.
Materiales tóxicos	Como materia tóxica	Peligroso para la vida vegetal y animal.
Sales inorgánicas	SDT	Limita los usos agrícolas e industriales del agua
Energía térmica	Temperatura	Reduce la concentración de saturación de oxígeno en el agua, acelera el crecimiento de organismos acuáticos.
Iones hidrógeno	pH	Riesgo potencial para organismos acuáticos.

Los principales organismos patógenos que causan enfermedades y están contenidos en las aguas residuales, de acuerdo al mismo autor anteriormente señalado, son los presentados en la **Tabla 1.8**, podemos darnos cuenta que los padecimientos son por el consumo y/o el contacto directo con agua contaminada o con aguas residuales.

Tabla 1.8 Organismos patógenos comúnmente encontrados en aguas residuales y enfermedades que causan⁸⁹

ORGANISMOS	ENFERMEDAD	OBSERVACIONES
Ascaris; enterobius	Lombrices de nematodos.	Implica peligro de contagio a humanos por efluentes de aguas residuales y lodos secos usados como fertilizante.
Bacillus anthracis	Antrax	Se encuentra en agua residual. Las esporas son resistentes al tratamiento.
Brucelia	Brucelosis. Fiebre de Malta en el hombre. Aborto contagioso en carneros, cabras y reses.	Transmitida normalmente por la leche infectada o por contacto. Se sospecha también por las aguas residuales.
Entamoeba histolytica	Disentería	Es diseminada por agua contaminada y lodos empleados como fertilizante. Común en climas calientes.
Leptospira icterohemorrhagie	Leptospirosis (Enfermedad de Well)	Transportada por ratas de drenajes.

⁸⁹ López Ruíz, Rafael, *Op. cit.*, p. 8.

Salmonella paratypi	Fiebre paratifoidea.	Es común en aguas residuales y efluentes en época de epidemia.
Mycobacterium tuberculosis	Tuberculosis	Se le ha aislado de agua residual y corrientes contaminadas. Las aguas residuales son una posible forma de transmisión. Deberá tenerse cuidado con aguas residuales y lodos de sanatorios.
Salmonella typhi	Fiebre tifoidea.	Es común en aguas residuales y efluentes en época de epidemia.
Salmonella	Envenenamientos de alimentos.	Es común en aguas residuales y efluentes.
Schistosoma	Esquistosomiasis.	Probablemente es destruida por un tratamiento eficiente.
Shigella	Disentería bacilar.	Las aguas contaminadas son la principal fuente de infección.
Taenia	Solitaria.	Los huevos son muy resistentes, están presentes en lodos y efluentes de aguas residuales. Representan peligro para ganado en tierras irrigadas con aguas residuales abonadas con lodos de ellas.
Vibrio cholerae	Cólera.	Es transmitido por aguas residuales y aguas contaminadas.
Virus	Poliomielitis, hepatitis.	Se desconoce aún la forma exacta de transmisión. Se han encontrado en efluentes de plantas de tratamiento biológico.

A todos los que habitamos el planeta Tierra nos perjudica el inadecuado tratamiento del agua residual, por eso es necesario crear una normativa específica, no permisiva y, que este reglamentada para no permitir apertura de violaciones a las leyes, normas y reglamentos, para que se cumpla y se ejecute eficazmente, para así evitar que se rebasen los límites máximos permitidos y, se trate en su totalidad el agua vertida al sistema de alcantarillado.

La importancia del estudio en esta materia ha llevado a que se creen normas para proteger la calidad y uso del agua; proteger el medio ambiente y la salud de la población; prevenir y controlar la contaminación del agua, como lo establecen los objetivos de las normas NOM-001-SEMARNAT 1996, NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997.

CAPITULO 2. MARCO JURÍDICO

2.1 Las aguas residuales en la legislación nacional

2.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

En el sistema constitucional de México, el papel protagónico lo ocupa la Constitución Política y de ella derivan las leyes reglamentarias para las actividades que corresponden al plan de desarrollo nacional. Los recursos naturales son motor de la economía del país, el recurso hídrico determina la calidad de vida, su cantidad y calidad son fundamentales, las aguas residuales forman también parte estratégica y por su importancia corresponde al Estado Mexicano a través de la Constitución la expedición de leyes en la materia hídrica, como se menciona en el Programa Nacional Hídrico 2014-2018 (PNH 2014-2018), atender la seguridad hídrica, el derecho humano al agua y saneamiento básico.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), es el conjunto de normas fundamentales que regulan la estructura y funcionamiento del Estado Mexicano. De acuerdo a Ignacio Burgoa “es el ordenamiento fundamental y supremo del Estado que: a) establece su forma y la de su gobierno; b) crea y estructura sus órganos primarios; c) proclama los principios políticos y socio-económicos sobre los que se basan la organización y teleología estatales, y d) regula sustantivamente y controla adjetivamente el poder público del Estado de los gobernados”⁹⁰

De conformidad con el artículo 27 constitucional, párrafo tercero se expresa que la Nación “...tiene la facultad de... regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la

⁹⁰ Burgoa Orihuela, Ignacio, Derecho Constitucional Mexicano, Porrúa, México, 2010, p.326, 1094.

población...” y por ello, “...se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico⁹¹...”. Y el párrafo quinto del mismo artículo establece que “Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales... Cualesquiera otras aguas no incluidas en la numeración anterior, se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos...”. Es en estos párrafos donde entran las aguas residuales, porque al ser descargadas pasan a ser aguas del subsuelo ya sea por filtración o por drenaje; y, el artículo 86 de la Ley de Aguas Nacionales marca las atribuciones que tendrá la Comisión Nacional del Agua con respecto al recurso hídrico.

En el artículo 4º constitucional, señala el derecho a la protección de la salud, a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar, así como derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para el uso personal y doméstico, teniendo que ser suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado lo garantizará y, en caso de daño y deterioro ambiental generará responsabilidad ambiental⁹².

Entre las facultades del Congreso, en el artículo 73 constitucional, tenemos que relacionados a nuestro tema, en la fracción XVII, para *dictar leyes sobre el uso y aprovechamiento de las aguas de jurisdicción federal*; fracción XXIX para *establecer contribuciones sobre el aprovechamiento y explotación de los recursos naturales*

⁹¹ Entendiendo por “Equilibrio ecológico” la relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos. Definición de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en su artículo segundo, fracción XIV.

⁹² “Daño y deterioro ambiental generará responsabilidad ambiental”. La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, artículo 1º, fracción III. Daño al ambiente: Pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mesurables del hábitat, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre éstos, así como de los servicios ambientales que proporcionan. En México se encuentra regulado el daño ambiental en los artículos 203 y 204 principalmente, relacionados con los artículos 15 fracciones III y IV; 21, fracción III; 88, fracción IV; 151, primer párrafo y 152 bis, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

comprendidos en los párrafos 4º y 5º del artículo 27 y, fracción XXIX-G, para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de las entidades federativas, de los Municipios y, en su caso, de las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, *en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico*⁹³.

Y para los municipios que son la base administrativa y política de las entidades federativas, en el artículo 115, fracción III, tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos, entre otras, las de abastecimiento de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.

El Ejecutivo Federal, que está representado por el Presidente de la República, reglamentará través de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA o CNA), la protección y preservación del recurso hídrico, tienen la responsabilidad de integrar y formular el Plan Nacional Hídrico (PNH), actualizar y vigilar su cumplimiento⁹⁴, procurando una adecuada y ordenada coordinación de los municipios con la Federación, puesto que tratándose de aguas, hay que tener presente los cursos naturales del recurso para el abastecimiento de agua potable y para las descargas de cualquier tipo.

2.1.2 Ley de Aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) es reglamentaria de los párrafos quinto y sexto del artículo 27 Constitucional, el artículo 1 indica el objeto de esta ley, que es la de regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo

⁹³ De acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, “*Protección*” es: conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro; “*Preservación*”, conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propician la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitat naturales; “*Restauración*”, conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

⁹⁴ Plan Nacional Hídrico 2014-2018, p. 5.

integral sustentable. Para llevar a cabo la ejecución de dicho objetivo, en el artículo 4, se señala que la administración y autoridad le corresponde al Ejecutivo Federal la cual será ejecutada directamente a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA o CNA).

La Ley de Aguas Nacionales consta de diez Títulos, distribuidos en 124 artículos y a continuación hablaremos de lo más destacado en esta ley respecto a nuestro tema del tratamiento y reúso de aguas residuales.

El Título Primero contiene las disposiciones preliminares, señalando el objeto, así como las definiciones de conceptos importantes, como lo son las aguas de primer uso, aguas residuales, capacidad de carga, condiciones particulares de descarga, cuerpo receptor, descarga, permisos de descarga, reúso, usos y más.

El siguiente contenido de esta Ley cabe destacar para nuestro trabajo las competencias de:

a) Comisión Nacional de Agua

La Comisión Nacional de Agua (CONAGUA o CNA), es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), para que ejecute y administre en materia de gestión integrada de los recursos hídricos, incluyendo la administración (promover el cumplimiento del marco jurídico existente e impulsar el desarrollo de instrumentos que fortalezcan el buen uso y manejo sustentable del agua, mejorar el sistema de información estratégica e indicadores del sector hidráulico), regulación, control y protección del dominio público hídrico; un objetivo-estrategia que destaca es el fortalecer el desarrollo técnico y la autosuficiencia financiera de los organismos operadores del país, el tratar las aguas residuales generadas y fomentar su aprovechamiento e intercambio y, revisar los esquemas recaudatorios en materia de aguas nacionales y particularmente de

descargas de aguas residuales, para contribuir al saneamiento de las cuencas y acuíferos.⁹⁵

Las atribuciones de la CONAGUA se encuentran en el Artículo 86:

ARTÍCULO 86. "La Autoridad del Agua" tendrá a su cargo, en términos de Ley:

I. Promover y, en su caso, ejecutar y operar la infraestructura federal, los sistemas de monitoreo y los servicios necesarios para la preservación, conservación y mejoramiento de la calidad del agua en las cuencas hidrológicas y acuíferos, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas respectivas y las condiciones particulares de descarga;

II. Formular y realizar estudios para evaluar la calidad de los cuerpos de agua nacionales;

III. Formular programas integrales de protección de los recursos hídricos en cuencas hidrológicas y acuíferos, considerando las relaciones existentes entre los usos del suelo y la cantidad y calidad del agua;

IV. Establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga que deben satisfacer las aguas residuales, de los distintos usos y usuarios, que se generen en:

a. Bienes y zonas de jurisdicción federal;

b. Aguas y bienes nacionales;

c. Cualquier terreno cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos, y

d. Los demás casos previstos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y en los reglamentos de la presente Ley;

V. Realizar la inspección y verificación del cumplimiento de las disposiciones de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables, para la prevención y conservación de la calidad de las aguas nacionales y bienes señalados en la presente Ley;

VI. Autorizar en su caso, el vertido de aguas residuales en el mar, y en coordinación con la Secretaría de Marina cuando provengan de fuentes móviles o plataformas fijas;

VII. Vigilar, en coordinación con las demás autoridades competentes, que el agua suministrada para consumo humano cumpla con las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes;

VIII. Vigilar, en coordinación con las demás autoridades competentes, que se cumplan las normas de calidad del agua en el uso de las aguas residuales;

IX. Promover o realizar las medidas necesarias para evitar que basura, desechos, materiales y sustancias tóxicas, así como lodos producto de los tratamientos de aguas residuales, de la potabilización del agua y del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, contaminen las aguas superficiales o del subsuelo y los bienes que señala el Artículo 113 de la presente Ley;

...

⁹⁵ Comisión Nacional del Agua, portal de internet de la Comisión www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=1&n2=3

XI. Atender las alteraciones al ambiente por el uso del agua, y establecer a nivel de cuenca hidrológica o región hidrológica las acciones necesarias para preservar los recursos hídricos y, en su caso, contribuir a prevenir y remediar los efectos adversos a la salud y al ambiente, en coordinación con la Secretaría de Salud y "la Secretaría" en el ámbito de sus respectivas competencias;

XII. Ejercer las atribuciones que corresponden a la Federación en materia de prevención y control de la contaminación del agua y de su fiscalización y sanción, en términos de Ley;

XIII. Realizar:

a. El monitoreo sistemático y permanente de la calidad del agua, y mantener actualizado el Sistema de Información de la Calidad del Agua a nivel nacional, coordinado con el Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del Agua en términos de esta Ley;

b. El inventario nacional de plantas de tratamiento de aguas residuales, y

c. El inventario nacional de descargas de aguas residuales, y

XIV. Otorgar apoyo a "la Procuraduría" cuando así lo solicite, conforme a sus competencias de Ley, sujeto a la disponibilidad de recursos.

Para llevar a cabo estas misiones, la CONAGUA expide las Declaratorias de los Cuerpos de Aguas Nacionales, es un instrumento de gestión del agua en la cual se determina el procedimiento de los parámetros a cumplir de las descargas de aguas residuales, la capacidad de asimilación y dilución de los contaminantes en los cuerpos de aguas y los límites máximos de descarga de contaminantes que pueden recibir, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzarlas. Las Declaratorias se publican en el Diario Oficial de la Federación de acuerdo al artículo 87.

Los siguientes artículos regulan las descargas de aguas residuales en los cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos. El artículo 88 nos indica que estos permisos de descarga tienen que ser otorgados por la CONAGUA, sobre todo cuando las descargas sean de forma permanente o intermitente.

Los deberes de las personas físicas o morales que viertan sus aguas residuales a los cuerpos receptores, se indican en el artículo 88 BIS, que es contar con el permiso de la autoridad del agua, el previo tratamiento antes de desalojar, cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas, mantener en buen estado los medidores y accesos para el muestreo necesario en la determinación de las concentraciones de los parámetros permitidos en los permisos de descarga, hacer del conocimiento de la CONAGUA los contaminantes presentes en las aguas residuales que generen sus procesos y que no estén fijadas en las condiciones particulares de descarga, así como los cambios en sus procesos, tienen que operar por sí o por terceros el previo tratamiento al vertido para asegurar la calidad de las descargas, conservar por cinco años la información del monitoreo que realicen, permitir que la autoridad del agua realice lecturas, inspecciones de las descargas de aguas residuales, verificar el cumplimiento de la Ley de Aguas Nacionales, presentar el monitoreo realizado y los reportes de volumen descargados.

En el caso de las aguas residuales de uso doméstico, que no formen parte de un sistema de alcantarillado, el artículo 88 BIS 1 indica que está previsto que las descargas pueden realizarse de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas mediante un aviso a la autoridad. La segunda cuestión que plantea este artículo, es para los procesos realizados en lugares en donde se carezca de alcantarillado y saneamiento, las descargas pueden realizarse de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas siempre y cuando en sus descargas no se exceda de 300 metros cúbicos mensuales y que no sean de metales pesados, cianuros o tóxicos. El tercer punto que maneja el artículo citado es solo un aviso a la CONAGUA de que se están realizando descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, en donde deben especificar el volumen y características del vertido; los responsables deberán realizar labores de limpieza de los contaminantes.

Los permisos precisaran por lo menos la ubicación y descripción de la descarga en cantidad y calidad, el régimen al que se sujetará para prevenir y controlar la

contaminación del agua y la duración del permiso, según lo estipulado en el artículo 90.

Los deberes de las personas físicas o morales que viertan sus aguas residuales a las redes de drenaje o alcantarillado, nos cita el artículo 91 BIS, es cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas o con las condiciones particulares de descarga, todos los estados y municipios deben tratar las aguas antes de verterlas. El artículo 91 BIS 1 indica que para el caso de incumplimiento o cuando sean de forma fortuita, culposa las descargas, la CONAGUA dará aviso y apoyará la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, para que se adopten las medidas conducentes.

Por otra parte, la Comisión puede suspender el permiso de descargar en los casos advertidos en el artículo 92, como lo son: el no contar con el permiso, no cumplir con las condiciones particulares de descarga, omitir el pago de derechos durante más de un año fiscal, utilizar el proceso de dilución de las aguas residuales para tratar de cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas, no presentar cada dos años el informe indicando la calidad del agua descargada. La revocación de permiso de descarga de aguas residuales está prevista en los artículos 93 y 93 BIS, será cuando las descargas sean en lugares distintos a los asignados, continuar con la descarga sin tomar en cuenta la suspensión, dejar de pagar el derecho por el uso o aprovechamiento de bienes nacionales como cuerpos receptores de descargas.

Importante es resaltar lo estipulado por el artículo 94 BIS, que se indica que previo al otorgamiento del permiso o renovación de los generadores de contaminación, tendrán que cumplir con la Normas Oficiales Mexicanas, “presentar un análisis físico, químico y orgánico de las aguas de las fuentes receptoras en puntos previos a la descarga. Dicha información servirá para conformar el Registro de control de contaminación por fuentes puntuales y evaluar la calidad ambiental de la fuente, su capacidad de asimilación o autodepuración y soporte.” Es importante, presume que previo otorgamiento o renovación, se tendrá el conocimiento y documentación que

pruebe la calidad de las aguas descargadas para conceder el permiso, se trata de dar permiso de contaminar el recurso más importante de la vida.

b) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), organismo descentralizado de la SEMARNAT para realizar investigación, desarrollar, adaptar y transferir tecnología, prestar servicios tecnológicos y preparar recursos humanos calificados para el manejo de conservación y rehabilitación del agua y su entorno, a fin de contribuir al desarrollo sustentable; para los fines de nuestro tema, nos interesa las atribuciones de fomentar las acciones de investigación y desarrollo tecnológico del agua, la de certificar al personal del sector agua, así como a los laboratorios de calidad del agua, sistematizar y publicar la información técnica y coadyuvar en la solución de problemas hídricos del país, esta información la ubicamos en el artículo 14 BIS 3, fracción I, II, VI, IX, XI; el IMTA conlleva la responsabilidad de presentar eficacia en su desempeño y evitar los efectos ambientales indeseables principalmente en el agua.

c) Política Hídrica Nacional

De la política hídrica nacional, destacamos que el aprovechamiento del agua debe realizarse con eficiencia y debe promoverse su reúso y recirculación, y quienes contaminen los recursos hídricos serán responsables de restaurar su calidad⁹⁶, pero no solamente conviene promoverse, sino reglamentar y ejecutar para que sean aplicadas las medidas necesarias en caso de un daño no solo al agua, sino al ambiente.

⁹⁶ Artículo 14 BIS5, fracción XII y XVII que en esta fracción está contemplada la responsabilidad ambiental en materia del agua en caso de daño, se contempla como un principio hídrico al indicarse que ya sean personas físicas o morales que contaminen los recursos hídricos serán responsables de restaurar su calidad, y se aplicará el principio de que “quien contamina, paga”, conforme a las Leyes en la materia.

d) Programa Nacional Hídrico

Del Programa Nacional Hídrico, documento rector que integra los planes hídricos de las cuencas a nivel nacional, en el cual se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del agua, así como las estrategias, prioridades y políticas para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable y avanzar en la agestión integrada de los recursos hídricos; para nuestro tema, en el Programa 2014-2018, se reconoce que "...uno de los problemas más graves del deterioro ambiental es la contaminación del agua. La disminución en su calidad daña a los ecosistemas, la salud humana y a la disponibilidad de fuentes de agua. La contaminación se debe, a la descarga a los cuerpos receptores de una gran cantidad del caudal de aguas residuales sin tratamiento, por los municipios y las industrias... Las normas vigentes en este tema no consideran algunos contaminantes, tienen umbrales estrictos que dificultan su cumplimiento para la realidad mexicana y existen parámetros oficiales que no se miden..."⁹⁷ Por lo que como parte de las estrategias es incrementar y mejorar las acciones en el tratamiento de las aguas residuales municipales e industriales, mejorando y construyendo el funcionamiento de la infraestructura para estimular el uso de fuentes de energía alternativas para los procesos de tratamiento de aguas residuales. Se necesita de la misma manera de la participación y colaboración de diversos sectores como lo son los saberes científicos, tecnológicos, técnicos, legales, económicos, sociales para que todas las decisiones y hechos que se ejecuten sean previa información acerca de la materia, se recalca la importancia de la comprensión e investigación del agua, de procesos de potabilización, recolección, tratamiento, infraestructura con el objetivo general de cuidar el agua y mantener su calidad.⁹⁸

⁹⁷ Diario Oficial de la Federación de fecha ocho de abril de 2014, Decreto por el que se aprueba el Programa Nacional Hídrico 2014-2018, consultado en http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5339732&fecha=08/04/2014, página 15 de 52, párrafo octavo.

⁹⁸ Cfr. Programa Nacional Hídrico 2014-2018.

e) Derechos de Aguas Nacionales

De los derechos de aguas nacionales, en donde los Organismos de Cuenca y sus órganos auxiliares, serán los encargados de expedir los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga de las aguas residuales con las condiciones de cantidad y calidad.

f) Registro Público de Derechos de Agua

Del Registro Público de Derechos de Agua (REPDa), por región hidrológico-administrativa, proporcionará el servicio de acceso a la información y difusión de la misma, acerca de los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga, lo encontramos en el artículo 30.

El análisis de las instituciones relacionadas con nuestro tema, se desarrollará en el Capítulo Tercero.

2.1.3 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

Este ordenamiento reglamenta la Ley de Aguas Nacionales, consta de once títulos, corresponde al Título Séptimo la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas, en su Capítulo Único, de los artículos 133 al 156, se expone:

Las obligaciones de las personas físicas o morales, se encuentra en el artículo 134, en donde se menciona, que las personas que exploten, usen o aprovechen aguas, tienen la responsabilidad de realizar las medidas necesarias para prevenir la contaminación y para reintegrar las aguas en las condiciones adecuadas a los cuerpos receptores.

En el siguiente artículo 135, son los requisitos que deben cumplir las personas que pretendan realizar descargas, “Las personas... que descarguen aguas residuales deben: contar con el permiso de descarga, tratar las aguas previo vertido, cubrir los derechos, instalar y mantener en estado los dispositivos de aforo y los accesos para

muestreo, informar a la CONAGUA de los cambios en sus procesos, cuando esos modifiquen las características o en los volúmenes de las descargas, informar que contaminantes presentes originados por el proceso industrial y que no estuvieran considerados originalmente, operar y mantener las obras e instalaciones para el manejo y tratamiento de las aguas residuales, monitorear las descargas, desempeñar la vigilancia y fiscalización para el control y prevención de la calidad del agua, conservar los registros por al menos tres años.”

Siguiendo con los requisitos para las descargas, el artículo 136 nos menciona acerca del registro, verificación y el monitoreo, “En los permisos de descargas de las aguas residuales de los sistemas públicos de alcantarillado y drenaje, además de lo dispuesto en el artículo anterior, se deberá señalar la forma conforme a lo dispuesto en la ley para efectuar: I. El registro, monitoreo continuo y control de las descargas de aguas residuales que se viertan a las redes públicas de alcantarillado; II. La verificación del estado de conservación de las redes públicas de alcantarillado con el fin de detectar y corregir, en su caso, las posibles fugas que incidan en la calidad de las aguas subterráneas subyacentes y en la eventual contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua, y III. El monitoreo de la calidad del agua que se vierte a las redes públicas de alcantarillado, con objeto de detectar la existencia de materiales o residuos peligrosos que por su corrosividad, toxicidad, explosividad, reactividad o inflamabilidad puedan representar grave riesgo al ambiente, a las personas o sus bienes. Las personas que descarguen aguas residuales a las redes de drenaje o alcantarillado, deberán cumplir con las normas oficiales mexicanas expedidas para el pretratamiento y, en su caso, con las condiciones particulares de descarga que emita el Municipio o que se emitan conforme al artículo 119, fracción I, inciso f) de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.”

Todos los usuarios del agua y concesionarios son responsables de cumplir con las normas y con las condiciones particulares de descarga, sin excepción, así lo establece el artículo 137.

Las solicitudes presentadas a la CONAGUA para permiso de descarga contendrán los datos del artículo 138: nombre, domicilio y giro de la actividad de la persona; relación de insumos utilizados; descripción de los procesos que generan las aguas residuales; caracterización fisicoquímica y bacteriológica; ubicación de los cuerpos receptores; descripción de los sistemas y procesos para el tratamiento de las aguas residuales; memoria técnica en la que el solicitante manifieste la forma en que cumplirá con la normatividad. Los usuarios que descarguen en una población de menos de 2,500 habitantes y las industrias que no generen materiales pesados, cianuros u organotóxicos y su volumen no exceda de 300 metros cúbicos al día, no presentaran la caracterización fisiológica.

Asimismo, los permisos de descarga contendrán: la ubicación y descripción de la descarga, los parámetros, concentraciones y cargas máximas, obligaciones de los permisionarios para prevenir y controlar la contaminación, así como la duración del permiso, lo encontramos en el artículo 139.

El artículo 140 refiere a las Normas Oficiales, en la cual están determinados los parámetros y límites máximos, con esta información, la CONAGUA determina las condiciones particulares de descarga. Los parámetros y concentraciones serán publicados en el Diario Oficial de la Federación, según el artículo 142.

Tiene que transcurrir 5 años, se expone en el artículo 141, contados a partir de su expedición o modificación, para que las condiciones particulares de descarga puedan modificarse, salvo situaciones comprobadas de emergencia para evitar graves daños a la salud, al ambiente.

Los lodos activados⁹⁹ son un proceso muy utilizado, por lo que en el Artículo 148 se indica que deben estabilizarse, para esto, los sitios deben impermeabilizarse y contar con estructuras que permitan la recolección de lixiviados.

⁹⁹ “Se llama proceso de lodos activados al conjunto de procedimientos cuyo fundamento es poner en contacto el agua residual con una masa biológica preexistente en un tanque de aeración. La materia orgánica biodegradable contenida en el agua residual es degradada en forma aerobia por

En caso de que la prevención no se realice y la infiltración ya contaminen las aguas, la CONAGUA establecerá las medidas correctivas, determinará y cuantificará el daño causado, como está establecido en el artículo 150. Es por ello que está prohibido desechar basura, lodos provenientes de las aguas residuales, residuos de disolución, residuos peligrosos que contaminen los cuerpos receptores, mencionados en el artículo 151.

La CONAGUA tiene que realizar permanentemente el monitoreo sistemático de la calidad de las aguas (estudio y monitoreo, inventario de las plantas de tratamiento de aguas residuales y de las descargas), actualizando el Sistema Nacional de Información, y regulado en el artículo 154 del presente reglamento. Cuando se amerite la suspensión, se regirá este proceso conforme a la Ley de Aguas Nacionales y al Reglamento de esta Ley, expuesto en el artículo 153.

Por último, para apoyar la prevención y control de la contaminación del agua, en el artículo 156, se expone que la CONAGUA podrá: I. Promover ante las autoridades educativas, la incorporación de programas educativos para orientar sobre la prevención y control de la contaminación del agua y su aprovechamiento racional; II. Fomentar que las asociaciones, colegios de profesionistas y cámaras de la industria el comercio, así como otros organismos afines, orienten a sus miembros sobre el uso de métodos y tecnologías que reduzcan la contaminación del agua y se aseguren su aprovechamiento, y III. Apoyar estudios e investigaciones encaminados a generar conocimientos y tecnologías que permitan la prevención y control de la contaminación.

microorganismos presentes en los flóculos en sustancias más simples e inocuas para el ambiente... el termino *lodo activado* se aplica al conglomerado de microorganismos, materia orgánica y materiales inorgánicos... la versatilidad y criterios de diseño bien definidos lo han convertido en el sistema de referencia para el tratamiento de agua residual municipal...". Fuente: Jiménez Cisneros, Blanca, *Op. cit.*, p.258 y 259.

2.1.4 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) está integrada por seis títulos, 204 artículos, su objeto está regulado en el Artículo 1º:

Artículo 1.- La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

- I. Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar;
- III. La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente;
- V. El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas;
- VI. La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo;
- ...
- IX. El establecimiento de los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, entre éstas y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales, en materia ambiental.

Para nuestro trabajo destaca el Capítulo II, señalando las facultades de la Federación, de los Estados, de los Municipios, de la Ciudad de México, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, les corresponde para cada uno los siguientes artículos, Quinto, Séptimo, Octavo, Noveno, Décimo Primero de la Ley:

Artículo 5.- Son facultades de la Federación:

...

V.- La expedición de las normas oficiales mexicanas y la vigilancia de su cumplimiento en las materias previstas en esta Ley;

...

XIII.- El fomento de la aplicación de tecnologías, equipos y procesos que reduzcan las emisiones y descargas contaminantes provenientes de cualquier tipo de fuente, en coordinación con las autoridades de los Estados, el Distrito Federal y los Municipios;

ARTÍCULO 7o.- Corresponden a los Estados, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en la materia, las siguientes facultades:

...

VIII.- La regulación del aprovechamiento sustentable y la prevención y control de la contaminación de las aguas de jurisdicción estatal; así como de las aguas nacionales que tengan asignadas;

ARTÍCULO 8o.- Corresponden a los Municipios, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en la materia, las siguientes facultades:

...

VII.- La aplicación de las disposiciones jurídicas en materia de prevención y control de la contaminación de las aguas que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población, así como de las aguas nacionales que tengan asignadas, con la participación que conforme a la legislación local en la materia corresponda a los gobiernos de los estados;

...

XII.- La vigilancia del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas expedidas por la Federación, en las materias y supuestos a que se refieren las fracciones III, IV, VI y VII de este artículo;

ARTÍCULO 9o.- Corresponden al Gobierno de la Ciudad de México, en materia de preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, conforme a las disposiciones legales que expida la Legislatura local, las facultades a que se refiere el artículo 7o. y demás que esta Ley distribuya competencias a los Estados, mientras que corresponderá las aplicables del artículo 8o. y demás que esta Ley distribuya a los municipios para las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México.

ARTÍCULO 11.- La Federación, por conducto de la Secretaría, podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación, con el objeto de que los gobiernos de las entidades federativas, con la participación, en su caso, de sus Municipios o demarcación territorial de la Ciudad de México, asuman las siguientes facultades, en el ámbito de su jurisdicción territorial:

III. La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes, con excepción de las obras o actividades siguientes:

a) Obras hidráulicas...

Los convenios o acuerdos de coordinación celebrados entre los distintos niveles de competencia tendrán que sujetarse a determinados requisitos postulados en el artículo 12; con el objeto de cumplir la administración y vigilancia de las áreas naturales, el control de los residuos peligrosos, la evaluación del impacto ambiental, acciones para la protección, preservación y restauración del equilibrio ecológico y

la protección al ambiente, la Federación por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, dice el artículo 11, podrá suscribir convenios de coordinación para que se cumplan las facultades antes mencionadas.

Dentro del primer título de la Ley, se desprende:

Los principios de la Política Ambiental, de los que expondremos los relacionados con nuestro tema:

Artículo 15. Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:

...

III. Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico;

IV. Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente, promueva o realice acciones de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y aproveche de manera sustentable los recursos naturales;

V. La responsabilidad respecto al equilibrio ecológico, comprende tanto las condiciones presentes como las que determinarán la calidad de la vida de las futuras generaciones;

VI. La prevención de las causas que los generan, es el medio más eficaz para evitar los desequilibrios ecológicos;

...

IX. La coordinación entre las dependencias y entidades de la administración pública y entre los distintos niveles de gobierno y la concertación con la sociedad, son indispensables para la eficacia de las acciones ecológicas;

XII. Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar. Las autoridades en los términos de esta y otras leyes, tomarán las medidas para garantizar ese derecho;

...

XVI. El control y la prevención de la contaminación ambiental, el adecuado aprovechamiento de los elementos naturales y el mejoramiento del entorno natural en los asentamientos humanos, son elementos fundamentales para elevar la calidad de vida de la población;

XX. La educación es un medio para valorar la vida a través de la prevención del deterioro ambiental, preservación, restauración y el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas y con ello evitar los desequilibrios ecológicos y daños ambientales.

De esta última fracción resaltaremos que la Educación Ambiental es el proceso de formación dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente a fin de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social del ambiente. La Educación Ambiental comprende la asimilación de conocimientos, la formación de valores, el desarrollo de competencias y conductas con el propósito de garantizar la preservación de la vida, tal y como está señalado en el Artículo 3, fracción XXXVIII.

Para llevar a cabo estos principios de la Política Ambiental se vale de los instrumentos ambientales de Planeación Ambiental, Ordenamiento Ecológico del Territorio, Instrumentos Económicos.

La Planeación Ambiental está incorporada al Plan Nacional de Desarrollo, las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal son las encargadas de planear las gestiones y ejecutarlas “para regular, promover, restringir, prohibir, orientar y en general inducir las acciones de los particulares en los campos económico y social”, lineamientos planteados en el artículo 17.

El Ordenamiento Ecológico del Territorio, lo situamos en los artículos 19 al 20 Bis 7, su “objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos”.

Una parte importante que esta ley indica en su artículo 20 Bis 2, es que “cuando una región ecológica se ubique en el territorio de dos o más entidades federativas, el de los Estados y Municipios respectivos, y en su caso el de la Ciudad de México, podrán formular un programa de ordenamiento ecológico regional”, con los acuerdos de coordinación, esto forma parte también de las Cuencas Hidrológicas¹⁰⁰

¹⁰⁰ Se entenderá por “Cuenca Hidrológica” lo establecido en el artículo 3, fracción XVI de la Ley de Aguas Nacionales: la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor

en donde no necesariamente está delimitado el territorio ambiental como lo están las divisiones políticas, y se toma en cuenta la región ecológica para la elaboración de los programas que convengan para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable del recurso hídrico en las regiones en donde se encuentren.

Los Instrumentos Económicos son “mecanismos normativos y administrativos de carácter fiscal, financiero o de mercado, mediante los cuales las personas asumen los beneficios y costos ambientales que generen sus actividades económicas, incentivándolas a realizar acciones que favorezcan el ambiente”, los hay de carácter fiscal, financiero y de mercado o, que buscan incentivar el cumplimiento de los objetivos de la política ambiental, promoviendo de un cambio en la conducta de las personas, como se menciona en el artículo 21 y 22.

La sección correspondiente a las Normas Oficiales Mexicanas en Materia Ambiental, están ordenadas en la Sección VI del Capítulo IV, del artículo 36 al artículo 37 Ter. Las Normas Oficiales Mexicanas en Materia Ambiental tienen el objetivo de garantizar la sustentabilidad de las actividades económicas, los objetivos

elevación en dicha unidad-, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas.

Para los fines de esta Ley, se considera como:

a. "Región hidrológica": Área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento. Normalmente una región hidrológica está integrada por una o varias cuencas hidrológicas. Por tanto, los límites de la región hidrológica son en general distintos en relación con la división política por estados, Distrito Federal y municipios. Una o varias regiones hidrológicas integran una región hidrológico - administrativa, y

b. "Región Hidrológico - Administrativa": Área territorial definida de acuerdo con criterios hidrológicos, integrada por una o varias regiones hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos y el municipio representa, como en otros instrumentos jurídicos, la unidad mínima de gestión administrativa en el país.

de estas normas los enumera el artículo 36, las reglas de expedición están sujetas a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización:

ARTÍCULO 36.- Para garantizar la sustentabilidad de las actividades económicas, la Secretaría emitirá normas oficiales mexicanas en materia ambiental y para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, que tengan por objeto:

I.- Establecer los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en regiones, zonas, cuencas o ecosistemas, en aprovechamiento de recursos naturales, en el desarrollo de actividades económicas, en la producción, uso y destino de bienes, en insumos y en procesos;

II.- Considerar las condiciones necesarias para el bienestar de la población y la preservación o restauración de los recursos naturales y la protección al ambiente;

III.- Estimular o inducir a los agentes económicos para reorientar sus procesos y tecnologías a la protección del ambiente y al desarrollo sustentable;

IV.- Otorgar certidumbre a largo plazo a la inversión e inducir a los agentes económicos a asumir los costos de la afectación ambiental que ocasionen, y

V.- Fomentar actividades productivas en un marco de eficiencia y sustentabilidad.

La expedición y modificación de las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, se sujetará al procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Los destinatarios de las Normas Oficiales Mexicanas pueden proponer equipos, procesos o tecnologías distintas a las aprobadas, pueden presentar sus propuestas a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en un plazo de treinta días se emite la resolución, en caso afirmativo se respeta los derechos de propiedad industrial, contrario, se entenderá como negativa, artículo 37. Estas normas oficiales mexicanas “son obligatorias en el territorio nacional, señalan su ámbito de validez, vigencia y gradualidad en su aplicación.”, artículo 37 TER.

La Sección VII es dedicada a la autorregulación, que es el “proceso voluntario mediante el cual, respetando la legislación y normatividad vigente que le aplique, la Empresa se establece un conjunto de actividades y se adoptan normas complementarias o más estrictas, a través de las cuales se mejora el Desempeño Ambiental y se obtienen mayores logros en materia de protección ambiental, cuya evaluación podrá efectuarse a través de la Auditoría Ambiental.” artículo 2, fracción

V, Reglamento de la LGEEPA en Materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales; y, a las auditorías ambientales, que son un “examen metodológico de los procesos de una empresa respecto de la contaminación y el riesgo ambiental, el cumplimiento de la normatividad aplicable, de los parámetros internacionales y de las buenas prácticas de operación e ingeniería, inclusive de procesos de Autorregulación para determinar su Desempeño Ambiental con base en los requerimientos establecidos en los términos de Referencia, y en su caso, las medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger al ambiente”. artículo 2, fracción IV, Reglamento de la LGEEPA en Materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales.

La Sección VIII es para Investigación y Educación Ecológicas, hubo una reforma en el artículo 39, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de mayo de 2016, en la cual se adicionó que se incorporarán nuevos conceptos en los temarios educativos de nivel básico, media superior y superior, estos son: desarrollo sustentable, mitigación, adaptación y reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático y protección al ambiente. Esto con el compromiso permanente que tiene que existir en los distintos factores reales de poder¹⁰¹ y la sociedad en general para mejorar la educación, se apoya en el documento presentado por la Secretaría de Educación Pública (SEP) “Modelo Educativo para la educación obligatoria”¹⁰², que a su vez se apoya en la “Carta sobre los Fines de la Educación en el siglo XXI”¹⁰³, en la que se señala que se espera al término de cada nivel educativo.

¹⁰¹ De las notas tomadas de la materia Teoría de la Constitución, impartida por el Doctor Ernesto Javier Patiño Camarena, de fecha 4 de mayo de 2007. Ese día nos señaló los cuáles son los criterios de la constitución, entre otros detalles nos mencionó que los verdaderos factores reales de poder son los expresidentes, presidente, profesionistas, pequeños propietarios, trabajadores, iglesia, ejército. Consideramos que hasta la fecha siguen siendo estos factores que desempeñan un papel importante y relevante en la vida social, económica, policía y jurídica.

¹⁰² Secretaría de Educación Pública, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/198738/Modelo_Educativo_para_la_Educacion_n_Obligatoria.pdf

¹⁰³ Secretaría de Educación Pública, http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114503/Los_Fines_de_la_Educacion_n_en_el_Siglo_XXI.PDF. Esta Carta “expone de manera breve qué mexicanas y mexicanos se busca formar con el nuevo Modelo Educativo”

El Título segundo trata de la Biodiversidad, con el primer Capítulo Áreas Naturales Protegidas, destacando la Sección II Tipos y Características de las Áreas Naturales Protegidas, artículo 49, si uno de los fines de las áreas protegidas es preservar los ambientes de diferentes regiones geográficas para asegurar el equilibrio ecológico entonces “queda expresamente prohibido verter o descargar contaminantes en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso o acuífero, así como desarrollar cualquier actividad contaminante; interrumpir, rellenar, desecar o desviar los flujos hidráulicos”, artículo 49, fracciones I y II; en las zonas de núcleo, en donde el artículo 47 BIS, primer párrafo y fracción I, menciona que “las áreas naturales protegidas se dividen acorde a los elementos biológicos, físicos y socioeconómicos, esta delimitación se divide y subdivide en zonas y sus respectivas subzonas: la primera son “las Zonas Núcleo: tendrán como principal objetivo la preservación de los ecosistemas y su funcionalidad a mediano y plazo, en donde se podrán autorizar las actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, de investigación y de colecta científica, educación ambiental y limitarse o prohibirse aprovechamientos que alteren los ecosistemas. Estas zonas podrán estar conformadas por las subzonas, a) De protección, b) De uso restringido...”; de las áreas naturales protegidas.

En el Título Tercero Aprovechamiento Sustentable¹⁰⁴ de los Elementos Naturales, Capítulo I, Aprovechamiento Sustentable del Agua y los Ecosistemas Acuáticos, en el cual nos expone que corresponde la protección, la preservación y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas acuáticos al Estado y a la sociedad, por lo que la mejor explotación está integrada en el Programa Nacional Hídrico; todas aquellas actividades que puedan o deterioren o perjudiquen el recurso, tienen que realizarse bajo una previa autorización, aviso, concesión, que en caso de afectar o no cumplir con las obligaciones serán acreedores a la suspensión o revocación de aquel otorgamiento del permiso; toda la operación y administración van encaminadas a proteger y cuidar el agua y la flora y fauna que

¹⁰⁴ Artículo 3, fracción III, Aprovechamiento sustentable es la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forma parte dichos recursos, por periodos indefinidos.

vive en ella, al reúso, y a no alterar más la calidad del agua tanto superficial como subterránea. Colaborarán la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Salud y demás autoridades competentes para: a) expedir las normas oficiales para el manejo de los depósitos y fuentes de abastecimientos de agua, promoviendo el establecimiento de las reservas de agua para consumo humano; b) promover el ahorro y uso eficiente del agua; c) el tratamiento de aguas residuales y su reúso; d) ejecutar las acciones necesarias para y/o controlar procesos de eutroficación, salinización y cualquier tipo de contaminación, establecidos en los artículos 88, 89, 90, 91, 92, 93 y 94.

En esta ley también se indica que como parte del equilibrio ecológico la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, tiene que expedir normas oficiales para controlar “la calidad de las aguas y la protección de las que sean utilizadas o sean el resultado de esas actividades, de modo que puedan ser objeto de otros usos”, artículo 108, he aquí que se manifiesta nuevamente que es importante reusar las aguas residuales, expresado también en la Ley de Aguas Nacionales.

En relación a la protección del ambiente, el Título Cuarto, artículo 109 BIS, resalta este tema, el de la protección al ambiente, en donde la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Estados, Municipios, la Ciudad de México, las personas físicas y morales, tienen que tener, llevar e integrar un registro de todas las emisiones y transferencia de contaminantes al agua, por sustancia y fuente, toda esta información estará integrada por las “autorizaciones, cédulas, informes, reportes, licencias, permisos, concesiones que en materia ambiental se tramiten ante la SEMARNAT, o autoridad competente...”, como parte del control y de la prevención de la contaminación y de la responsabilidad por el daño ambiental, artículo 109 BIS.

Por otra parte, la prevención y control de la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos, la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente regula en sus artículos 117 al 133 lo siguiente:

- La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país;
- Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo;
- El aprovechamiento del agua en actividades productivas susceptibles de producir su contaminación, conlleva la responsabilidad del tratamiento de las descargas, para reintegrarla en condiciones adecuadas para su utilización en otras actividades y para mantener el equilibrio de los ecosistemas;
- Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo; y
- La participación y corresponsabilidad de la sociedad es condición indispensable para evitar la contaminación del agua.

Los criterios para la prevención y control de la contaminación del agua están considerados: en la formulación y expedición de las normas oficiales mexicanas para el uso, tratamiento, descarga y disposición de aguas residuales, con el objetivo de evitar daños a la salud; en “los convenios que ejecute el Ejecutivo Federal para entrega de agua en bloque a los sistemas usuarios, especialmente a los sistemas de tratamiento de agua residuales que deban instalarse”; en las zonas reglamentadas, de veda o de reserva¹⁰⁵; en todas aquellas “...autorizaciones en las

¹⁰⁵ Las zonas de “vedas, reservas y reglamentadas son instrumentos administrativos que establecen, por causas de utilidad o de interés público, modalidades o restricciones a la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales o al otorgamiento de nuevas concesiones. La Zona reglamentadas, son aquellas áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o de regiones hidrológicas, que, por sus características de deterioro, desequilibrio hidrológico, riesgo o daños a cuerpos de agua o al medio ambiente, fragilidad de los ecosistemas vitales, sobreexplotación, así como para su reordenamiento y restauración, requieren un manejo hídrico específico para garantizar la sustentabilidad hidrológica. La Zona de reserva, son aquellas áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas, en las cuales se establecen limitaciones en la explotación, uso o aprovechamiento de una porción o la calidad de las aguas disponibles, con la finalidad de prestar un servicio público, implantar un programa de restauración, conservación u cuando el Estado resuelva explotar dichas aguas por causa de utilidad pública. La Zona de veda, son aquellas áreas específicas de las regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas o acuíferos, en las

que deban obtener los concesionarios, asignatarios o permisionarios para filtrar aguas residuales en los terrenos o descargarlas en cuerpos receptores distintos de los alcantarillados de las poblaciones; en la organización de los trabajos de hidrología,...; y en la clasificación de cuerpos receptores de descarga de aguas residuales, de acuerdo a su capacidad de asimilación o dilución y la carga contaminante que éstos puedan recibir.”, artículo 118.

Sobre prevención y control de la contaminación Artículo 119 BIS:

ARTÍCULO 119 BIS. - En materia de prevención y control de la contaminación del agua, corresponde a los gobiernos de los Estados y de los Municipios, por sí o a través de sus organismos públicos que administren el agua, así como al del Distrito Federal, de conformidad con la distribución de competencias establecida en esta Ley y conforme lo dispongan sus leyes locales en la materia:

I.- El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado;

II.- La vigilancia de las normas oficiales mexicanas correspondientes, así como requerir a quienes generen descargas a dichos sistemas y no cumplan con éstas, la instalación de sistemas de tratamiento;

III.- Determinar el monto de los derechos correspondientes para que el municipio o autoridad estatal respectiva, pueda llevar a cabo el tratamiento necesario, y en su caso, proceder a la imposición de las sanciones a que haya lugar, y

IV.- Llevar y actualizar el registro de las descargas a los sistemas de drenaje y alcantarillado que administren, el que será integrado al registro nacional de descargas a cargo de la Secretaría.

Como medidas para evitar la contaminación:

ARTÍCULO 120.- Para evitar la contaminación del agua, quedan sujetos a regulación federal o local:

I. Las descargas de origen industrial;

II. Las descargas de origen municipal y su mezcla incontrolada con otras descargas;

III. Las descargas derivadas de actividades agropecuarias;

IV. Las descargas de desechos, sustancias o residuos generados en las actividades de extracción de recursos no renovables;

V. La aplicación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas;

cuales no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a los establecimientos legalmente y éstos se controlan mediante reglamentos específicos, en virtud del deterioro del agua en cantidad o calidad, por la afectación a la sustentabilidad hidrológica, o por el daño a cuerpos de agua superficiales o subterráneos.” Fuente: Página de internet de la Comisión Nacional del Agua <https://www.gdireob.mx/conagua/documentos/vedas-reservas-y-reglamentos-de-aguas-nacionales-superficiales>

- VI. Las infiltraciones que afecten los mantos acuíferos; y
- VII.- El vertimiento de residuos sólidos, materiales peligrosos y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, en cuerpos y corrientes de agua.

Aunado a lo anterior, en los artículos 121, 122, 123, 124, nuevamente se reitera en que no se podrán descargar aguas residuales con contaminantes sin previo tratamiento y permiso o autorización de la autoridad competente, las descargas deberán cumplir con los parámetros establecidos en las normas oficiales mexicanas, en caso contrario se negará el permiso o autorización, pues estas aguas residuales al estar contaminadas afectan o pueden afectar fuentes de abastecimiento. Estos artículos son referentes y evocan directamente a las Normas Oficiales Mexicanas 001, 002 y 003.

El artículo 127 expresa:

ARTÍCULO 127.- La Secretaría, en coordinación con la Secretaría de Salud, emitirán opinión, con base en los estudios de la cuenca y sistemas correspondientes, para la programación y construcción de obras e instalaciones de purificación de aguas residuales de procedencia industrial.

En la parte correspondiente a “*purificación*”, de acuerdo a nuestros estudios sabemos que hasta ahora las aguas residuales industriales no se purifican, después del tratamiento pueden volver a ser reutilizadas pero no son potables¹⁰⁶. Lo que sí es correcto es como se menciona en el siguiente artículo en donde si se le da el tratamiento requerido, se pueden utilizar las aguas residuales urbanas para la industria y agricultura.

ARTÍCULO 128.- Las aguas residuales provenientes de los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano, podrán utilizarse en la industria y en la agricultura, si se someten en los casos que se requiera, al tratamiento que cumpla con las normas

¹⁰⁶ “El procesamiento del agua tiene el objetivo de eliminar compuestos que menoscaba la calidad en relación con el uso o disposición que se le pretenda dar. Se utiliza el termino *potabilización* cuando el agua es tratada para volverla apta para el consumo humano, el de *depuración*, para el control de contaminación y, el de *acondicionamiento*, para preparar un agua para uso industrial...”. Fuente: Jiménez Cisneros, Blanca, *La Contaminación Ambiental en México, causas, efectos y tecnología apropiada*, Limusa Noriega Editores, Instituto de Ingeniería, UNAM, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, A.C., México, 2001, 1ª reimpresión, p. 143.

oficiales mexicanas emitidas por la Secretaría, y en su caso, por la Secretaría de Salud.

La prevención y el control de la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos resultan de un fundamental y primordial cumplimiento de las normas que junto con la coordinación de distintas autoridades se tendrán mejores resultados en cuanto a la calidad del recurso, sin quedarse en solo ese sector, la sociedad y todas las personas interesadas, preocupados por el tema del control y contaminación, por la preservación y restauración del ambiente, se tiene la obligación de participar en la planeación, ejecución, evaluación y vigilancia de la política ambiental y recursos naturales, a través de convenios, opiniones, propuestas, estudios, asesorías, acciones: artículos 157 al 159, porque somos parte de los factores bióticos consumidores.

Para continuar integrando la parte de participación e información y la protección al ambiente, el Título II Derecho a la Información Ambiental artículos 159 BIS al 159 BIS 6, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales reunirá la información relacionada con los recursos naturales que existen en el territorio mexicano, así, en lo que corresponde al agua, la SEMARNAT, la CONAGUA y el Gobierno Federal, publicaran la información relacionada al agua en el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), “el SINA se ocupa de la integración y procesamiento de datos con el propósito de generar información relevante del sector agua, para la difusión, planeación y coadyuvar en el diseño y evaluación de las políticas públicas del sector.”¹⁰⁷

¹⁰⁷ “...la información sobre el agua es vital para que como sociedad México pueda administrar este vital recurso, lo que es reconocido por la legislación mexicana vigente, que establece para la Comisión Nacional del Agua, la atribución de integrar un Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua el cual se ha instrumentado a través del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), en concordancia con la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica y la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública. En este sitio podrá consultar y descargar información estadística y geográfica relevante sobre el tema del agua en México e indicadores de carácter mundial... El Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), es un sistema integrado por una base de datos estadística y geográfica que presentan información del sector hídrico en México a través de reportes, gráficos y mapas, con el propósito de ser un medio de difusión claro y dinámico, a través del cual puedan consultar y descargar la información actual e histórica...” Fuente: información tomada de la página de internet

El último título corresponde a Medidas de Control y de Seguridad y Sanciones.

ARTÍCULO 160.- Las disposiciones de este título se aplicarán en la realización de actos de inspección y vigilancia, ejecución de medidas de seguridad, determinación de infracciones administrativas y de comisión de delitos y sus sanciones, y procedimientos y recursos administrativos, cuando se trate de asuntos de competencia federal regulados por esta Ley, salvo que otras leyes regulen en forma específica dichas cuestiones, en relación con las materias de que trata este propio ordenamiento. En las materias anteriormente señaladas, se aplicarán supletoriamente las disposiciones de las Leyes Federales de Procedimiento Administrativo y sobre Metrología y Normalización.

Finaliza con los requisitos para la denuncia popular y la puntualización del principio de la responsabilidad ambiental, de que toda persona que contamine o deteriore el ambiente, afecte los recursos naturales o la biodiversidad, será responsable y está obligada a reparar los daños causados, artículo 203.

Lo anterior se relaciona al tema de las aguas residuales porque el agua en general es un recurso natural que merece la protección y el saneamiento, por lo que las medidas de control, de seguridad, sanciones, responsabilidad ambiental también están incluidas las aguas residuales para proteger el medio ambiente. Es también en la Ley de Aguas Nacionales que se tienen establecidos mecanismos de control y prevención de la contaminación, como lo son la inspección, vigilancia, monitoreo, muestreo.

2.1.5 Ley General de Salud

La Ley General de Salud (LGS) es reglamentaria del artículo 4º de la Constitución, conformada de veintiún títulos. El artículo 1 apunta que esta Ley reglamenta el derecho a la protección de la salud que tiene toda persona, y se "...establece las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y la concurrencia de la Federación y entidades federativas en materia de salubridad genera. Es de

de la Comisión Nacional del Agua <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-informacion-del-agua-sina>

aplicación en toda la República y sus disposiciones son de orden público e interés social”.

En nuestro tema de aguas residuales, la salud esta intrínsecamente relacionada, ya que las descargas permitidas, las descargas no permitidas, el tratamiento, el no tratamiento, el reúso, el no reúso, la disposición en general afecta y deteriora no solo la salud humana, sino también la salud de todos los demás seres vivos, de los factores bióticos y abióticos. Es por ello que es de suma importancia regular y vigilar el debido cumplimiento de las descargas de aguas residuales, su tratamiento y reúso. Para que se cumpla con las finalidades del derecho a la protección de la salud, el artículo 2, resalta “...el mejoramiento de la calidad de vida humana..., la extensión de actitudes solidarias y responsables de la población en la preservación, conservación, mejoramiento y restauración de la salud...”. Siendo materia de salubridad general como se menciona en el artículo 3º, fracciones XIII, XIV, XV, la prevención y el control de los efectos nocivos de los factores ambientales en la salud del hombre, el saneamiento, la prevención y el control de enfermedades transmisibles.

En el artículo 6 están las disposiciones comunes y objetivos en el cual se matiza que:

Artículo 6o.- El Sistema Nacional de Salud tiene los siguientes objetivos:

I.- Proporcionar servicios de salud a toda la población y mejorar la calidad de los mismos, atendiendo a los problemas sanitarios prioritarios y a los factores que condicionen y causen daños a la salud, con especial interés en la promoción, implementación e impulso de acciones de atención integrada de carácter preventivo, acorde con la edad, sexo y factores de riesgo de las personas;

...

V. Apoyar el mejoramiento de las condiciones sanitarias del medio ambiente que propicien el desarrollo satisfactorio de la vida;

...

VII.- Coadyuvar a la modificación de los patrones culturales que determinen hábitos, costumbres y actitudes relacionados con la salud y con el uso de los servicios que se presten para su protección;

La Secretaría de Salud, dentro de su competencia, en el artículo 7, fracciones I, VIII y XIV, le corresponde: establecer y conducir la política nacional en materia de salud, impulsar actividades tecnológicas y científicas en el campo de la salud, impulsar la permanente actualización de las disposiciones legales en materia de salud, porque el recurso hídrico como lo han mencionado autores de distintos países, es bien reconocido que la cantidad, calidad, reúso y tratamiento es inversamente proporcional a la calidad de vida, por ende la salud y las enfermedades están ligadas; con las aportaciones de las investigaciones en ciencia y tecnología se dan alternativas para tratar las aguas residuales domésticas, municipales e industriales con mejores procesos el tratamiento, identificación de contaminantes y reutilización; en este camino se tiene que actualizar el marco normativo, una continua labor de análisis jurídico, ajustándose a la prevención y acción para mitigar los efectos nocivos de las sustancias y contaminantes peligrosos.

En este punto resulta primordial recordar el artículo 4 Constitucional párrafos cuarto, quinto y sexto:

Artículo 4. ...Toda persona tiene derecho a la protección de la salud. La Ley definirá las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y establecerá la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general, conforme a lo que dispone la fracción XVI del artículo 73 de esta Constitución.

Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.

Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.

Porque dentro de la prestación de los servicios básicos de salud, artículo 27 LGS, se encuentra la "...educación para la salud, la promoción del saneamiento básico, el mejoramiento de las condiciones sanitarias del ambiente, la prevención y el

control de las enfermedades transmisibles...”, siendo que toda “persona tiene derecho a un ambiente sano para su desarrollo y bienestar”, entonces la protección de las aguas forma parte del derecho a la salud, teniendo que considerarse motivo de emergencia la contaminación del recurso y el escaso tratamiento. En el artículo 58 de la Ley General de Salud, en el apartado de Participación de la Comunidad está la oportunidad que tenemos los sectores públicos, sociales y privados de colaborar “en la prevención o tratamiento de problemas ambientales vinculados a la salud” así en el artículo 58, fracción II, porque todos vivimos, compartimos y explotamos los recursos, es por ello que tenemos la necesidad de colaborar para cuidar.

La investigación para la salud figura en el Título Quinto, artículo 96, fracciones I, II y IV, señala que el objetivo es que se contribuya “Al conocimiento de los procesos biológicos y psicológicos en los seres humanos, vínculos entre las causas de enfermedad..., al conocimiento y control de los efectos nocivos del ambiente en la salud...”, fruto de las investigaciones en materia de salud se conoce que el consumir agua no potable trae afectaciones a todo el sistema inmunológico y los mismos organismos biológicos que existen en las aguas proliferan generando entre más, la eutroficación, el que los componentes radiactivos ocasiona enfermedades somáticas y hereditarias a todo ser vivo.

Las investigaciones tienen también que ser continuas fomentadas y costeadas por el sector privado y público. Dando a conocer el resultado de las investigaciones y de la información¹⁰⁸, que como esta mencionado en el artículo 104 de esta Ley, se “...capte, produzca y procese la información necesaria para el proceso de planeación, programación, presupuestación y control del Sistema Nacional de Salud, así como sobre el estado y evolución de la salud pública.” Para que exista interés, preocupación, ocupación en el estudio de la investigación e información de la salud, es importante la promoción de la misma, el artículo 110 define: “La

¹⁰⁸ El Título Sexto se titula Información para la Salud, comprende los artículos 104 al 109 BIS de la Ley General de Salud.

promoción de la salud tiene por objeto crear, conservar y mejorar las condiciones deseables de salud para toda la población y propiciar en el individuo las actitudes, valores y conductas adecuadas para motivar su participación en beneficio de la salud individual y colectiva. La promoción comprende: III. Control de los efectos nocivos del ambiente en la salud...”, en caso de omitir esta obligación de investigar estamos condenados a la autodestrucción, como lo explica el zoólogo Desmond Morris en su libro “El mono desnudo”.

En esta ley existe un capítulo dedicado a la educación para la salud, le corresponde el Título Séptimo, Capítulo II, artículo 112 y 113, su objetivo es fomentar en la población el desarrollo de actitudes y conductas que permitan participar en acciones que no pongan en peligro su salud, proporcionando la información sobre las causas de enfermedades y de los daños provocados por los efectos nocivos del ambiente en la salud, artículo 112.

El Capítulo IV del Título Séptimo es el referido a Efectos del Ambiente en la Salud, artículo 116 al 127, este apartado es el indicado para nuestro tema, veamos:

- El Artículo 116 indica que las autoridades sanitarias establecerán las normas, tomarán las medidas y realizarán las actividades a que se refiere esta ley tendiente a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente. Por lo que las leyes y normas oficiales mexicanas tienen que actualizarse para que ofrezcan una verdadera reglamentación.
- El Artículo 117, señala la coordinación entre la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales con la Secretaría de Salud para formular y conducir la política de saneamiento.

Según el Banco Interamericano de Desarrollo, el objetivo de la política de saneamiento ambiental “es asegurar que la asistencia financiera y cooperación

técnica de saneamiento básico ambiental ayude eficazmente a los países miembros en sus esfuerzos para mejorar la salud y bienestar de sus habitantes... en el saneamiento básico se incluye la posibilidad de reúso de las aguas tratadas para fines de riego y recarga de acuíferos, así como la producción de energía por biodigestión..., descontaminación y prevención de la contaminación de los cursos de agua... La cooperación técnica se orientará...apoyar el esfuerzo de los países para adecuar su legislación y mejorar su desempeño operativo... En los proyectos de alcantarillado sanitario urbano se pondrá especial atención en los problemas de contaminación y posible reúso de los desagües, dentro del concepto general de uso más racional del recurso agua. Los desagües deben someterse al tratamiento adecuado para mantener las características mínimas de calidad bacteriológica del cuerpo de agua receptor; tales características estarán en función del uso de dicho cuerpo y de la legislación nacional sobre la materia...".¹⁰⁹

El Dr. Adolfo Mejía Ponce de León, Profesor titular C del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional, publicó en junio de 2014 un archivo PDF titulado Política Ambiental y Transversalidad en México, en el que definió la Política Ambiental: "Es la actuación concertada del Estado y la sociedad orientada al logro de la sustentabilidad ambiental, asegurando la disponibilidad y calidad de su capital natural, el adecuado uso del territorio y la salud de sus habitantes sin comprometer la realización del legítimo derecho al crecimiento económico como condición ineludible para la mejora de la calidad de vida de la población."¹¹⁰

El artículo 118, fracciones I, III, IV, V, fija que la Secretaría de Salud "determina los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes

¹⁰⁹ Banco Interamericano de Desarrollo, 2019, <http://www.iadb.org/es/acerca-del-bid/politica-de-saneamiento-ambiental,6226.html>

¹¹⁰ Mejía Ponce de León, Adolfo, *Política Ambiental y Transversalidad en México*, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Instituto Politécnico Nacional, México, junio, 2014, http://www.ciiemad.ipn.mx/Eventos/Documents/pdf/30_Aniversario_CIIEMAD/03JUNIO2014/03_03_JUNIO2014.pdf

en el ambiente;... establece los criterios sanitarios para la fijación de las condiciones particulares de descarga, el tratamiento y uso de las descargas de aguas residuales o en su caso, para la elaboración de normas oficiales mexicanas ecológicas en la materia;... promover y apoyar el saneamiento básico;... asesorar en criterios de ingeniería sanitaria de obras públicas y privadas para cualquier uso...” Esto significa que en la Secretaría de Salud el personal que labora tiene que estar capacitado, las investigaciones actualizadas y una importante conciencia sobre la importancia y relevancia de la conducta humana sobre el ambiente.

En el artículo 119, fracciones I y IV, la Secretaría de Salud y entidades federativas, les corresponde: “desarrollar investigación permanente y sistemática de los riesgos y daños que para la salud de la población origine la contaminación del ambiente;...disponer y verificar que se cuente con información toxicológica actualizada, en la que se establezcan las medidas de respuesta al impacto en la salud originado por el uso de sustancias tóxicas o peligrosas.”, Tomando la fracción IV de este artículo, en donde se tiene que contar con información toxicológica reciente, es significativo debido a que en las descargas de aguas residuales industriales y comerciales por ejemplo, se utilizan para diversas actividades sustancias y materiales toxicológicos y altamente contaminantes.

Está establecido en el artículo 122, que queda prohibida la descarga de aguas residuales sin el tratamiento para satisfacer los criterios sanitarios emitidos de acuerdo con la fracción III del artículo 118, así como de residuos peligrosos que conlleven riesgos para la salud pública, a cuerpos de agua que se destinan para uso o consumo humano. Estadísticas reportan que más de la mitad de las descargas no se tratan ni antes ni después de verterlas.¹¹¹

Para promover y apoyar el saneamiento básico, encontramos que la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios expone: “El diagnóstico de Saneamiento Básico es el proceso mediante el cual se identifican y evalúan los

¹¹¹ Para más información al respecto: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>

factores de riesgo a la salud, condicionados por actitudes y prácticas inadecuadas tanto en el nivel familiar como en el comunitario; dicho diagnóstico tiene como propósito establecer y priorizar esta problemática para su atención.” En el caso del recurso hídrico, la importancia y protección sanitaria de fuentes de abastecimiento de agua destinada al uso y consumo humano “es importante porque de ello depende la calidad de agua que será usada para la población... Las enfermedades se producen por el consumo de agua contaminada... El personal de salud debe tener la capacidad para conocer e identificar estos riesgos que tienen u origen hídrico y relacionarlos con las condiciones de saneamiento. Existen diversas fuentes de abastecimiento de agua: ríos, arroyos, manantiales, lagos, pozos e incluso cuerpos de agua destinados al riego agrícola. Se debe verificar si cercanas a las fuentes existen: descargas de aguas residuales de otros municipios o localidades, descargas de aguas residuales provenientes de industrias...La prevención y control de los efectos nocivos de los factores ambientales, junto con la promoción del Saneamiento Básico son actividades encaminadas al control y fomento sanitario, en que concurren los esfuerzos federales, estatales y municipales, en el ámbito de sus competencias, hacia la protección de la salud... Es por ello que La atención en el Saneamiento Básico, significa trabajar en la conservación de la salud de la población y juega un papel importante en la prevención de las enfermedades, cuyo origen está vinculado con deficiencias en esta materia...”¹¹²

En el Título Décimo Séptimo Vigilancia Sanitaria, el artículo 394 expresa:

Artículo 394.- Las demás dependencias y entidades públicas coadyuvarán a la vigilancia del cumplimiento de las normas sanitarias y cuando encontraren irregularidades que a su juicio constituyan violaciones a las mismas, lo harán del conocimiento de las autoridades sanitarias competentes.

De lo anterior cabe la reflexión de que, si existe normas que regulan y prohíben las descargas con altos índices de contaminantes, por qué se admite estas acciones de omisión a las leyes, hay que realizar una introspección del marco normativo para

¹¹² *Manual de Saneamiento Básico para personal técnico*, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, segunda edición 2011, México, D.F. pág. 5, 8 y 9. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/138738/manual_saneamiento_tec.pdf

conciliar lo expuesto y previsto por el marco jurídico en cuanto a descargas de aguas residuales, tratamiento y reúso con las acciones diarias de los usuarios y de las personas a las que se les otorgan los permisos y concesiones para descargar los vertidos.

En el Título Décimo Octavo Medidas de Seguridad, Sanciones y Delitos, Capítulo VI Delitos, los artículos 457, 470 y 472 se declara:

Artículo 457.- Se sancionará con pena de uno a ocho años de prisión y multa por el equivalente de cien a dos mil días de salario mínimo general vigente en la zona económica de que se trate, al que por cualquier medio contamine un cuerpo de agua, superficial o subterráneo, cuyas aguas se destinen para uso o consumo humanos, con riesgo para la salud de las personas.

Artículo 470.- Siempre que en la comisión de cualquiera de los delitos previstos en este capítulo, participe un servidor público que preste sus servicios en establecimientos de salud de cualquier dependencia o entidad pública y actúe en ejercicio o con motivo de sus funciones, además de las penas a que se haga acreedor por dicha comisión y sin perjuicio de lo dispuesto en otras leyes, se le destituirá del cargo, empleo o comisión y se le inhabilitará para ocupar otro similar hasta por un tanto igual a la pena de prisión impuesta, a juicio de la autoridad judicial. En caso de reincidencia la inhabilitación podrá ser definitiva.

Artículo 471.- Las penas previstas en este Capítulo se aplicarán independientemente de las que correspondan por la Comisión de cualquier otro delito.

Artículo 472.- A las personas morales involucradas en la comisión de cualquiera de los delitos previstos en este Capítulo, se les aplicará, a juicio de la autoridad, lo dispuesto en materia de suspensión o disolución en el Código Penal.

Debemos advertir que, si se continúa con las descargas de aguas residuales sin el previo tratamiento o inadecuado y no se sanciona, o, si aún con las medidas previstas, continúa la descarga, las consecuencias serán y como lo están siendo de grave catástrofe ambiental, las medidas de solución y prevención deben completarse con otras soluciones para prevenir dicha contaminación del agua, con los registros que tienen las autoridades acerca del poco o nulo tratamiento, bastaría para modificar los mecanismos de prevención. Para el caso de los servidores

públicos, es obvio que tienen participación y conocimiento, en caso de que no lo tengan, es obvio entonces su ineficaz desempeño en su labor.

2.1.6 Ley General de Cambio Climático

Publicada en el Diario Oficial el 6 de junio de 2012, consta de nueve títulos. En esta ley se garantiza también el derecho a un medio ambiente sano; se fomenta la investigación, la educación para mitigar el cambio climático. En el artículo 3, fracción III, define el cambio climático como la “variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables.”

Se crea el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, en el Título Tercero, artículo 15, fracción III, se encuentra el objetivo de “promover y difundir criterios, metodologías y tecnologías para la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales”; entre sus atribuciones, está el participar con otras dependencias en el “saneamiento ambiental, prevención y control de la contaminación, manejo de materiales y residuos peligrosos, sitios contaminados y evaluación de riesgos ecotoxicológicos, señalados en el artículo 22, fracción d) y h).

Como bien se menciona en el artículo 26, fracción II, hay y debe existir la “corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático;”.

Por lo que, en el tema de las aguas residuales, hay obligación de colaborar entre dependencias y sociedad, por ejemplo, en el proceso de elaboración de un producto siempre hay residuos sólidos, atmosféricos, de audio, hídricos, todos participamos de alguna manera, ya sea en la elaboración y/o en el consumo.

2.1.7 Ley Federal sobre Metrología y Normalización

El objeto de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 1 de julio de 1992, se divide en dos: sobre metrología, en establecer el Sistema General de Unidades de Medida, en establecer los requisitos para la fabricación, importación, venta, verificación y uso de los instrumentos para medir, como esta en el artículo 2, fracción I, incisos a, b, c y, sobre normalización, fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas.

Las Normas oficiales mexicanas se definen como lo establece el artículo 3, fracción XI, como la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, que establecen las reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.

La Comisión Nacional del Agua, por conducto del Comité Consultivo Nacional del Sector Agua, elabora las normas oficiales mexicanas sobre la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento y administración de las aguas nacionales y de los bienes nacionales enunciados en el artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales, a fin de que sean expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y así garantizar el derecho que toda persona tiene al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible, consagrado en el artículo 4º Constitucional.

Por su parte, las Normas Mexicanas son las que elabora un organismo nacional de normalización o la Secretaría de Economía, en términos de esta ley, que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba,

directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, embalaje, marcado o etiquetado. Las normas mexicanas son de aplicación voluntaria, salvo en los casos en que los particulares manifiesten que sus productos, procesos o servicios son conformes con las mismas y sin perjuicio de que las dependencias requieran en una norma oficial mexicana su observancia para fines determinados. Su campo de aplicación puede ser nacional, regional o local, así se señala en el artículo 3, fracción X y en el artículo 51 A.

Esta ley consta de 127 artículos contenidos en seis Títulos. Dentro de sus disposiciones generales, en el artículo 4, está determinado que la Secretaría de Economía será la que represente al país en todos los asuntos relacionados con la metrología y normalización a nivel internacional, que podrán participar previa invitación de esta Secretaría a representantes de organismos público y privados, este último punto representa especial importancia porque se estimula la apertura de información con personas que tengan los conocimientos e intereses para la correcta elaboración de las normas.

El Título tercero se refiere a la normalización, le corresponden los artículos 38 y 39, la normalización es el proceso mediante el cual se regulan las actividades desempeñadas por los sectores tanto privado como público, en materia de salud, medio ambiente en general, seguridad al usuario, información comercial, prácticas de comercio, industrial y laboral a través del cual establecen la terminología, la clasificación, las directrices, las especificaciones, los atributos, las características, los método de prueba o las prescripciones aplicables a un producto, proceso o servicio.

Las disposiciones de este Título tercero indican que las dependencias tendrán que expedir las normas oficiales mexicanas según su competencia, tendrán que certificar, verificar e inspeccionar que se cumplan con las normas oficiales

mexicanas, participar en los comités, coordinarse con las instituciones de enseñanza superior, asociaciones o colegios de profesionales, para construir programas de estudio y capacitación con objeto de formar técnicos calificados y promover las actividades a que se refiere esta ley. Además, la Secretaría de Economía integrará el Programa Nacional de Normalización con las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas que se pretendan elaborar, codificar y mantener dichas reglas, las internacionales y de otros países, entre otras funciones.

La importancia de las normas oficiales mexicanas para nuestro tema está plasmada en el siguiente artículo:

Artículo 40. Las normas oficiales mexicanas tendrán como finalidad establecer:

I. Las características y/o especificaciones que deban reunir los productos y procesos cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de recursos naturales;

...

III. Las características y/o especificaciones que deban reunir los servicios cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal o el medio ambiente general y laboral o cuando se trate de la prestación de servicios de forma generalizada para el consumidor;

IV. Las características y/o especificaciones relacionadas con los instrumentos para medir, los patrones de medida y sus métodos de medición, verificación, calibración y trazabilidad;

V. Las especificaciones y/o procedimientos de envase y embalaje de los productos que puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud de las mismas o el medio ambiente;

...

VIII. La nomenclatura, expresiones, abreviaturas, símbolos, diagramas o dibujos que deberán emplearse en el lenguaje técnico industrial, comercial, de servicios o de comunicación;

...

X. Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales;

XI. Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover la salud de las personas, animales o vegetales;

...

XIII. Las características y/o especificaciones que deben reunir los equipos, materiales, dispositivos e instalaciones industriales, comerciales, de servicios y

domésticas para fines sanitarios, acuícolas, agrícolas, pecuarios, ecológicos, de comunicaciones, de seguridad o de calidad y particularmente cuando sean peligrosos;

...

XVII. Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos para el manejo, transporte y confinamiento de materiales y residuos industriales peligrosos y de las sustancias radioactivas; y

XVIII. Otras en que se requiera normalizar productos, métodos, procesos, sistemas o prácticas industriales, comerciales o de servicios de conformidad con otras disposiciones legales, siempre que se observe lo dispuesto por los artículos 45 a 47. Los criterios, reglas, instructivos, manuales, circulares, lineamientos, procedimientos u otras disposiciones de carácter obligatorio que requieran establecer las dependencias y se refieran a las materias y finalidades que se establecen en este artículo, sólo podrán expedirse como normas oficiales mexicanas conforme al procedimiento establecido en esta Ley. (Adicionado mediante Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 1997).

Las normas oficiales mexicanas contendrán para su identificación, la denominación, clave, finalidad, procesos, métodos, requisitos establecidos en el artículo 41.

Continúan los siguientes artículos con los requisitos y procedimiento para elaborar estas normas, como lo son los anteproyectos, que se tienen que someter a los comités consultivos antes de realizar el proyecto, una vez aprobado la norma debe cumplir con todo lo dispuesto por el artículo 41, establecer la base científica o técnica que apoye su expedición y tener por objeto evitar daños irreparables o irreversibles. Posterior al procedimiento del proyecto, son los comités consultivos nacionales de normalización los que elaboran las normas oficiales mexicanas, siguen reglas de operación y funcionamiento, conforme a los artículos 41 al 51. El artículo 62 menciona que los Comités Consultivos Nacionales de Normalización son órganos de consulta para la elaboración y expedición de normas oficiales mexicanas y la promoción de su cumplimiento. Estarán integrados por personal técnico de las dependencias competentes, según la materia que corresponda al comité, organizaciones de industriales, prestadores de servicios, comerciantes, productores agropecuarios, forestales o pesqueros; centros de investigación científica o tecnológica, colegios de profesionales y consumidores.

El Comité Técnico de Normalización Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales¹¹³ (COTEMARNAT) participa en la elaboración, modificación, revisión y cancelación de las Normas Mexicanas (NMX) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Para el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas “las dependencias podrán integrar sistemas de información conforme a los requisitos y condiciones que se determinen en el Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y los que establezcan las dependencias en sus disposiciones de carácter general para evitar trámites adicionales.

Para la vigilancia, las dependencias competentes están facultadas para realizar visitas de verificación¹¹⁴, las personas autorizadas podrán recabar los documentos y la evidencia necesaria, cuando se necesiten muestras de laboratorio, conforme a los requisitos de los artículos 101 al 109, estas se mandarían y realizarán en los laboratorios acreditados y aprobados, como lo marca el artículo 91, posterior a la visita, se levantará el acta circunstanciada, dando cumplimiento a lo señalado en los artículos 98 y 99.

¹¹³ El Comité Técnico de Normalización Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales está conformado por una Presidencia que recae en la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental; el Secretariado Técnico; así como por vocales representantes de otras Dependencias de la Administración Pública Federal; Confederaciones, Cámaras y Asociaciones; Centros de Investigación Científica o Tecnológica y Organismos Desconcentrados de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/comites-del-sector-medio-ambiente-y-programa-nacional-de-normalizacion>

¹¹⁴ Se entiende por visita de verificación: I. La que se practique en los lugares en que se realice el proceso, alguna fase del mismo, de productos, instrumentos para medir o servicios, con objeto de constatar ocularmente que se cumple con lo dispuesto en esta Ley y demás disposiciones derivadas de ella, así como comprobar lo concerniente a la utilización de los instrumentos para medir; y/o II. La que se efectúe con objeto de comprobar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas, el contenido o el contenido neto y, en su caso, la masa drenada; determinar los ingredientes que constituyan o integren los productos, si existe obligación de indicar su composición, la veracidad de la información comercial o la ley de los metales preciosos. Esta verificación se efectuará mediante muestreo y, en su caso, pruebas de laboratorio. (Reformada mediante Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 1997). Cuando exista concurrencia de competencia, la verificación la realizarán las dependencias competentes de acuerdo a las bases de coordinación que se celebren. (Artículo 94 Ley Federal sobre Metrología y Normalización).

2.1.7.1 Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas, que acorde con el artículo 3, fracción XI de la Ley sobre Metrología y Normalización, son “la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología...y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación”; y, con el artículo 1, fracción XXXVIII de la Ley de Aguas Nacionales, “son aquellas expedidas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales..., referidas a la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento y administración de las aguas nacionales y de los bienes nacionales”.

Son tres principales Normas Oficiales Mexicanas cuya finalidad es prevenir y controlar la contaminación de las aguas residuales. La primera es la NOM-001-SEMARNAT-1996, el objetivo es la protección de la calidad y su reúso; la segunda es la NOM-002-SEMARNAT-1996, el objetivo es prevenir y controlar la contaminación de las aguas, así como la protección de la infraestructura del sistema de alcantarillado; la tercera es la NOM-003-SEMARNA-1997, el objetivo es la reutilización en servicios al público sin poner en riesgo la salud.

A continuación, se presenta un análisis propio de las tres Normas Oficiales Mexicanas antes mencionadas.

2.1.7.2 NOM-001-SEMARNAT-1996

La norma está comprendida en un índice general que sirve de guía para su comprensión.

La NOM-001-SEMARNAT-1996 se constituye en nueve puntos en el índice, el primero, es el objetivo y campo de aplicación; el segundo, las referencias; el tercero, las definiciones; el cuarto, las especificaciones; el quinto, los métodos de prueba; el sexto, la verificación; el séptimo, el grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales; el octavo, la bibliografía y el noveno, es observancia de esta Norma; por último, está el único Transitorio y el Anexo 1. En seguida se presenta la descripción y análisis de los puntos antes mencionados, señalando algunas observaciones:

1. Objetivo y Campo de aplicación

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de las descargas. Esta NOM no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes separados de aguas pluviales.

2. Referencias

Son aquellas normas mexicanas que ayudan para determinar contaminantes y, que se tomaron en cuenta para el desarrollo de la norma oficial mexicana, NOM-001-SEMARNAT-1996, compilando estas anteriores.

3. Definiciones

Son los conceptos principales para la comprensión y cumplimiento de la norma, son veintinueve palabras: aguas costeras, aguas nacionales, aguas residuales, aguas pluviales, bienes nacionales, carga contaminante, condiciones particulares de descarga, contaminantes básicos, contaminantes patógenos y parasitarios, cuerpo receptor, descarga, embalse artificial, embalse natural, estuario, humedales naturales, límite máximo permisible, metales pesados y cianuros, muestra compuesta, muestra simple, parámetro, promedio diario, promedio mensual, riesgo no restringido, riesgo restringido, río, suelo, tratamiento convencional, uso en riego agrícola, uso público urbano.

4. Especificaciones

Contiene las descripciones para la determinación de la concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros; de coliformes fecales, parásitos (los indicadores serán los huevos de helminto). Los subpuntos son:

4.1 La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.

4.2 Para determinar la concentración por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para descargas de aguas residuales vertidas a aguas nacionales y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 10ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.

4.3 Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego restringido, y de cinco huevos por litro para riego no restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el Anexo 1 de esta Norma.

4.4 Al responsable de la descarga de aguas residuales que antes de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana se le hayan fijado condiciones particulares de descarga, podrá optar por cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma previo aviso a la Comisión Nacional del Agua.

Observación para el punto 4.4: En la parte donde dice "...podrá optar por cumplir..." Se refiere a que los responsables de las descargas podrán optar cumplir por norma o por las condiciones particulares de descarga, que será a su conveniencia.

4.5 Los responsables de las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales deben cumplir con la presente Norma Oficial Mexicana de acuerdo con lo siguiente:

a) Las descargas municipales tendrán como plazo límite las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 4. El cumplimiento es gradual y progresivo, conforme a los rangos de población...

b) Las descargas no municipales tendrán como plazo límite hasta las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5. El cumplimiento es gradual y progresivo, dependiendo de la mayor carga contaminante, expresada como demanda bioquímica de oxígeno⁵ (DBO₅) o sólidos suspendidos totales (SST), según las cargas del agua residual, manifestadas en la solicitud de permiso de descarga, presentada a la Comisión Nacional del Agua.

Observación para el punto 4.5 inciso b): Es decir que todos los excedentes que haya se pagarán.

4.6 Las fechas de cumplimiento establecidas en las Tablas 4 y 5 de esta Norma Oficial Mexicana podrán ser adelantadas por la Comisión Nacional del Agua para un cuerpo receptor en específico, siempre y cuando exista el estudio correspondiente que valide tal modificación.

Observación para el punto 4.6: El estudio al que se refiere este punto es el Estudio de Manifestación de Impacto Regulatorio.

4.7 Los responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales cuya concentración de contaminantes en cualquiera de los parámetros básicos, metales pesados y cianuros, que rebasen los límites

máximos permisibles señalados en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana, multiplicados por cinco, para cuerpos receptores tipo B (ríos, uso público urbano), quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad del agua de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua, en un plazo no mayor de 180 días naturales, a partir de la publicación de esta Norma en el Diario Oficial de la Federación.

Los demás responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, que rebasen los límites máximos permisibles de esta norma quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua, en las fechas establecidas en las Tablas 6 y 7.

Lo anterior sin perjuicio del pago de derechos a que se refiere la Ley Federal de Derechos y a las multas y sanciones que establecen las leyes y reglamentos en la materia.

Observación para el punto 4.7: Indica que, si se rebasan los límites máximos permisibles señalados en la norma, para cuerpos receptores tipo B (ríos, uso público urbano). Los responsables solo tienen que presentar un programa de las acciones a realizar para el control de la calidad del agua en sus descargas, en un plazo no mayor a 180 días naturales. Son demasiados días, ¿sólo es presentar el programa?

4.8 El responsable de la descarga queda obligado a realizar el monitoreo de las descargas de aguas residuales para determinar el promedio diario y mensual. La periodicidad de análisis y reportes se indican en la Tabla 8 para descargas de tipo municipal y en la Tabla 9 para descargas no municipales. En situaciones que justifiquen un mayor control, como protección de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, emergencias hidroecológicas o procesos productivos fuera de control, la Comisión Nacional del Agua podrá modificar la periodicidad de análisis y reportes. Los registros del monitoreo deberán mantenerse para su consulta por un periodo de tres años posteriores a su realización.

Observación para el punto 4.8: Pero estos monitoreos dependen de las condiciones de proceso y por el proceso si es predecible. Es más un programa de control ambiental.

4.9 El responsable de la descarga estará exento de realizar el análisis de alguno o varios de los parámetros que se señalan en la presente Norma Oficial Mexicana, cuando demuestre que, por las características del proceso productivo o el uso que le dé al agua, no genera o concentra los contaminantes a exentar, manifestándolo ante la Comisión Nacional del Agua, por escrito y bajo protesta de decir verdad. La autoridad podrá verificar la veracidad de lo manifestado por el usuario. En caso de falsedad, el responsable quedará sujeto a lo dispuesto en los ordenamientos legales aplicables.

Observación para el punto 4.9: Primero, ninguna persona debe estar exenta, segundo, ¿sólo los parámetros señalados?, ¿cómo se verifica lo manifestado?

4.10 En el caso de que el agua de abastecimiento registre alguna concentración promedio mensual de los parámetros referidos en los puntos 4.1, 4.2 y 4.3 de la presente Norma Oficial Mexicana, la suma de esta concentración al límite máximo permisible promedio mensual, es el valor que el responsable de la descarga está obligado a cumplir, siempre y cuando lo notifique por escrito a la Comisión Nacional del Agua.

Observación para el punto 4.10: No se indica cuál es el plazo para notificar, y, ¿si no se notifica?, ¿cómo se aplica?

4.11 Cuando se presenten aguas pluviales en los sistemas de drenaje y alcantarillado combinado, el responsable de la descarga tiene la obligación de operar su planta de tratamiento y cumplir con los límites máximos permisibles de esta Norma Oficial Mexicana, o en su caso con sus condiciones particulares de descarga, y podrá a través de una obra de desvío derivar el caudal

excedente. El responsable de la descarga tiene la obligación de reportar a la Comisión Nacional del Agua el caudal derivado.

Observación para el punto 4.11: La norma omite detallar cómo se aplica.

4.12 El responsable de la descarga de aguas residuales que, como consecuencia de implementar un programa de uso eficiente y/o reciclaje del agua en sus procesos productivos, concentre los contaminantes en su descarga, y en consecuencia rebase los límites máximos permisibles establecidos en la presente Norma, deberá solicitar ante la Comisión Nacional del Agua se analice su caso particular, a fin de que ésta le fije condiciones particulares de descarga.

5. Métodos de prueba

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, se deberán aplicar los métodos de prueba indicados en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana. El responsable de la descarga podrá solicitar a la Comisión Nacional del Agua, la aprobación de métodos de prueba alternos. En caso de aprobarse, dichos métodos podrán ser autorizados a otros responsables de descarga en situaciones similares.

6. Verificación

La Comisión Nacional del Agua llevará a cabo muestreos y análisis de las descargas de aguas residuales, de manera periódica y aleatoria, con objeto de verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos para los parámetros señalados en la presente Norma Oficial Mexicana.

7. Grado de concordancia

No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que

en esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

8. Bibliografía

Consta de treinta y tres fuentes.

9. Observancia de esta Norma

9.1 La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, por conducto de la Comisión Nacional del Agua, y a la Secretaría de Marina en el ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

9.2 La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación.

9.3 Se abrogan 44 Normas Oficiales Mexicanas.

10. Transitorio

ÚNICO. A partir de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, el responsable de la descarga de aguas residuales:

1) Que cuente con planta de tratamiento de aguas residuales, está obligado a operar y mantener dicha infraestructura de saneamiento, cuando su descarga no cumpla con los límites máximos permisibles de esta Norma.

Puede optar por cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, o los establecidos en sus condiciones particulares de descarga, previa notificación a la Comisión Nacional del Agua.

En el caso de que la calidad de la descarga que se obtenga con dicha infraestructura no cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, debe presentar a la Comisión Nacional del Agua, en los plazos establecidos en las Tablas 6 y 7, su programa de acciones u obras a realizar para cumplir en fechas establecidas en la Tablas 4 y 5, según le corresponda.

Los que no cumplan, quedarán sujetos a lo dispuesto en la Ley Federal de Derechos.

En el caso de que el responsable de la descarga opte por cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana y que descargue una mejor calidad de agua residual que la establecida en esta Norma, puede gozar de los beneficios e incentivos que para tal efecto establece la Ley Federal de Derechos.

2) Que se hubiere acogido a los Decretos Presidenciales que otorgan facilidades administrativas y fiscales a los usuarios de Aguas Nacionales y sus Bienes Públicos inherentes, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 11 de octubre de 1995, en la materia, quedará sujeto a lo dispuesto en los mismos y en lo conducente a la Ley Federal de Derechos.

3) No debe descargar concentraciones de contaminantes mayores a las que descargó durante los últimos tres años o menos, si empezó a descargar posteriormente, de acuerdo con sus registros y/o con los informes presentados ante la Comisión Nacional del Agua en ese periodo si su descarga tiene concentraciones mayores establecidas como límite máximo quedarán sujetos a lo dispuesto en la Ley Federal de Derechos.

4) Que establezca una nueva instalación industrial, posterior a la publicación de esta Norma Oficial Mexicana en el Diario Oficial de la Federación, no podrá acogerse a las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5 de esta Norma y debe cumplir con los límites máximos permisibles para su descarga, 180 días

calendario después de iniciar la operación del proceso generador, debiendo notificar a la Comisión Nacional del Agua dicha fecha.

5) Que incremente su capacidad o amplíe sus instalaciones productivas, posterior a la publicación de esta Norma Oficial Mexicana en el Diario de la Federación, éstas nuevas descargas no podrán acogerse a las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5 de esta Norma y debe cumplir con los límites máximos permisibles para éstas, 180 días calendario después de iniciar la operación del proceso generador, debiendo notificar a la Comisión Nacional del Agua dicha fecha.

6) Que no se encuentre en alguno de los supuestos anteriores, deberá cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana.

11. Anexo I

Técnica y procedimiento establecido para determinar los parásitos en las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), que es de un huevo de helminto por litro para riego restringido, y de cinco huevos por litro para riego no restringido.

De nuestras observaciones desprendemos a modo de reflexión que no se ha actualizado la norma y que:

En la NOM-001-SEMARNAT-1996 se tienen que actualizar, las concentraciones de los contaminantes, de los límites máximos permisibles; el hecho de que los responsables tengan la opción de cumplir con las descargas por norma o por condiciones particulares de descarga, deja a un lado a las autoridades competentes, debiesen ser éstas las que determinen qué es lo mejor en base a la carga de contaminantes, puesto que si se deja al responsable, siempre decidirá lo más conveniente para contaminar más y cumplir menos; en cuanto a la inspección, vigilancia y verificación también hay un rezago pues si se cumpliera el trabajo de la prevención y el previo tratamiento, un hubiese contaminación y los efectos en el ambiente fuesen otros; no solo está el fomento por cumplimiento con incentivos

fiscales por si optan cumplir o cumplir a medias con los parámetros permisibles y sólo con los enlistados, pues actualmente existen más contaminantes no enunciados en la norma.

Esta NOM menciona que el muestreo puede ser mensual o diario, ¿de qué depende esta decisión?, ¿de quién?, ¿por qué?, el muestreo debe ser diario, en caso contrario se interpreta hoy cumplo porque mañana toca inspección, mañana ya no cumplo, diario el muestreo, diario la verificación de que se está cumpliendo con la norma, diario el cuidado al agua, a la salud y este muestreo debe ser realizado por otra persona que no sea el responsable de la descarga, para evitar alteración en los resultados y el punto de muestra debe ser también en distintos puntos, pues de igual forma no es lo mismo el punto inicial de desagüe que al ir avanzando. La protección al ambiente no se puede ni se tiene que quedar como opción, es una obligación de todos, en el punto 4.9 los responsables pueden quedar exentos de realizar los análisis a sus descargas si demuestran que sus procesos no generan contaminantes a exentar solo los enlistados, esto nuevamente da la posibilidad de modificar la información, si se tiene un proceso con estas características sería como complemento para seguir con el cuidado del recurso, pero no para exentar de nada.

2.1.7.3 NOM-002-SEMARNAT-1996

La norma está comprendida en un índice general que sirve de guía para su comprensión.

La NOM-002-SEMARNAT-1996 se constituye en ocho puntos en el índice, el primero, es el objetivo y campo de aplicación; el segundo, las referencias; el tercero, las definiciones; el cuarto, las especificaciones; el quinto, los métodos de prueba; el sexto, el grado de concordancia con normas internacionales; el séptimo, la bibliografía; el octavo, es observancia de esta Norma; por último, está el único Transitorio. Señalaremos algunas observaciones.

En seguida se presenta la descripción y análisis de los puntos antes mencionados:

1. Objetivo y campo de aplicación

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas de alcantarillado, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma no se aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso* y conducidas por drenaje separado.

Observación: *proceso, se refiere a los resultantes de la producción de un bien o servicio comercializable.

2. Referencias

Aquellas normas mexicanas que ayudan para determinar contaminantes y, que se tomaron en cuenta para el desarrollo de la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, compilando estas anteriores.

3. Definiciones

Palabras clave útiles para la comprensión y cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana, como lo son: aguas pluviales, aguas residuales, aguas residuales de proceso, aguas residuales domésticas, autoridad competente, condiciones particulares para descargas al alcantarillado urbano o municipal, contaminantes, descarga, instantáneo, límite máximo permisible, muestra compuesta, muestra simple, parámetro, promedio diario, promedio mensual, punto de descarga, sistema de alcantarillado urbano o municipal.

4. Especificaciones

Bases para llevar a cabo la determinación de los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas, como lo son las grasas y aceites. Los subpuntos son:

4.1 Los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, no deben ser superiores a los indicados en la Tabla1. Para las grasas y aceites es el promedio ponderado en función del caudal, resultante de los análisis practicados a cada una de las muestras simples.

4.2 Los límites máximos permisibles establecidos en la columna instantáneo, son únicamente valores de referencia, en el caso de que el valor de cualquier análisis exceda el instantáneo, el responsable de la descarga queda obligado a presentar a la autoridad competente en el tiempo y forma que establezcan los ordenamientos legales locales, los promedios diario y mensual, así como los resultados de laboratorio de los análisis que los respaldan.

Observación para el punto 4.2: los valores se tienen que actualizar; la norma no establece por cuánto tiempo tendrán que presentar sus promedios, si bajan sus valores y vuelven a subir, cuántas prórrogas tienen para volver nuevamente a presentar sus promedios.

4.3 El rango permisible de pH (potencial hidrógeno) en las descargas de aguas residuales es de 10 (diez) y 5.5 (cinco punto cinco) unidades, determinando para cada una de las muestras simples. Las unidades de pH no deberán estar fuera del intervalo permisible, en ninguna de las muestras simples.

4.4 El límite máximo permisible de la temperatura es de 40°C, medida en forma instantánea a cada una de las muestras simples. Se permitirá descargar con temperaturas mayores, siempre y cuando se demuestre a la autoridad competente por medio de un estudio sustentado, que no daña al sistema del mismo.

Observación para el punto 4.4: como se ha visto y existen investigaciones en donde los cambios de temperatura siempre modifican. Por qué se aumentaría la temperatura, el tratamiento es previo a la descarga.

4.5 La materia flotante debe estar ausente en las descargas de aguas residuales, de acuerdo al método de prueba establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-006, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

4.6 Los límites máximos permisibles para los parámetros demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales, que debe cumplir el responsable de la descarga a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, son los establecidos en la Tabla 2 de la norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 referida en el punto 2 de esta Norma, o a las condiciones particulares de descarga que corresponde cumplir a la descarga municipal.

4.7 El responsable de la descarga de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal que no dé cumplimiento a lo establecido en el punto 4.6, podrá optar por remover la demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales, mediante el tratamiento conjunto de las aguas residuales en la planta municipal.

Observación para el punto 4.7: la norma da la opción al responsable de la descarga de no cumplir con los límites máximos, de presentar la remoción de DBO y SST, es aceptable diversas soluciones, sin embargo, no debería ser opción, sino obligación de cumplir con los parámetros y aparte promover otra alternativa.

4.8 No se debe descargar o depositar en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal

4.9 La autoridad competente podrá fijar condiciones particulares de descarga a los responsables de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado, de manera individual o colectiva, que establezcan nuevos límites máximos permisibles de descarga de contaminantes, límites máximos permisibles para parámetros adicionales no contemplados en esta Norma.

4.10 Los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal a que se refiere esta Norma, se obtendrá de análisis de muestras compuestas, que resulten de la mezcla de las muestras simples...

4.11 Los responsables de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal deben cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma...

4.12 Las fechas de cumplimiento establecidas en esta Norma, para el o los responsables de descargas individuales o colectivas, pueden ser modificadas por la autoridad competente, cuando: a) El sistema de alcantarillado urbano o municipal cuente con una o varias plantas de tratamiento en operación y la o las descargas causen efectos nocivos a la misma, el responsable de la descarga queda obligado a presentar a la autoridad competente, en un plazo no mayor de 180 (ciento ochenta) días a partir de la fecha de publicación de esta Norma, un programa de acciones en el cual se establezca en tiempo y forma el cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana. b) La autoridad competente, previo a la publicación de esta Norma, haya suscrito formalmente compromisos financieros y contractuales para construir y operar la o las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. c) La Comisión Nacional del Agua oficialmente establezca emergencias hidroecológicas o prioridades en materia de saneamiento, y en consecuencia se modifique la fecha de cumplimiento establecida en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, referida en el punto 2 de esta Norma, para su descarga correspondiente. d) Exista previo a la

publicación de esta Norma, reglamentación local que establezca fechas de cumplimiento para los responsables de las descargas a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

4.13 Cuando la autoridad competente determine modificar las fechas de cumplimiento, deberá notificarlo a los responsables de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, conforme a los procedimientos legales locales correspondientes.

4.14 Los responsables de las descargas tienen la obligación de realizar los análisis técnicos de las descargas de aguas residuales, con la finalidad de determinar el promedio diario o el promedio mensual, analizando los parámetros señalados en la Tabla 1 de la presente Norma Oficial Mexicana. Asimismo, deben conservar sus registros de análisis técnicos por lo menos durante tres años posteriores a la toma de muestras.

4.15 El responsable de la descarga podrá quedar exento de realizar el análisis de alguno o varios de los parámetros que se señalan en esta Norma, cuando demuestre a la autoridad competente que, por las características del proceso productivo, actividades que desarrolla o el uso que le dé al agua, no genera o concentra los contaminantes a exentar, manifestándolo ante la autoridad competente, por escrito y bajo protesta de decir verdad. La autoridad competente podrá verificar la veracidad de lo manifestado por el responsable. En caso de falsedad, el responsable quedará sujeto a lo dispuesto en los ordenamientos legales locales aplicables.

4.16 El responsable de la descarga, en los términos que lo establezca la legislación local, queda obligado a informar a la autoridad competente, de cualquier cambio en sus procesos productivos o actividades, cuando con ello modifique la calidad o el volumen del agua residual que le fueron autorizados en el permiso de descarga correspondiente.

4.17 El responsable de la descarga de aguas residuales que, como consecuencia de implantar o haber implantado un programa de uso eficiente y/o reciclaje del agua en sus procesos productivos, concentre los contaminantes en su descarga, y en consecuencia rebase los límites máximos permisibles establecidos en la presente Norma, deberá solicitar ante la autoridad competente se analice su caso particular, a fin de que ésta le fije condiciones particulares de descarga.

4.18 En el caso de que el agua de abastecimiento registre alguna concentración promedio diario o mensual de los parámetros referidos en el punto 4.1 de esta Norma, la suma de esta concentración al límite máximo permisible correspondiente, es el valor que el responsable de la descarga está obligado a cumplir, siempre y cuando lo demuestre y notifique por escrito a la autoridad competente.

5. Métodos de prueba

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos, se pueden aplicar los métodos de prueba referidos en las normas mexicanas señaladas en el punto 2. El responsable puede solicitar a la autoridad competente, la aprobación de métodos alternos.

6. Grado de concordancia con normas internacionales

No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

7. Bibliografía

Consta de 28 fuentes.

8. Observancia de esta ley

8.1 La vigilancia del cumplimiento de esta NOM le corresponde a los Gobiernos Estatales, Municipales y del Distrito Federal, cuyo personal realizará los trabajos de verificación, inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones se sancionarán en los términos de la LGEEPA, y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

9. Transitorios

PRIMERO. - A partir de la fecha de entrada en vigor de esta NOM, el responsable de la descarga a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal que cuente con planta de tratamiento de aguas residuales está obligado a operar y mantener dicha infraestructura de saneamiento, cuando su descarga no cumpla con los límites máximos permisibles de esta Norma.

En el caso de que la calidad de la descarga que se obtenga con dicha infraestructura no cumpla con los límites máximos permisibles, el responsable debe presentar a la autoridad su programa de acciones u obras a realizar para cumplir.

SEGUNDO. - Las fechas de cumplimiento establecidas en esta NOM, no serán aplicables cuando se trate de instalaciones nuevas o de incrementos en fecha posterior a la entrada en vigor del presente instrumento, el responsable de la descarga deberá cumplir con los límites máximos permisibles, en un periodo no mayor de 180 días naturales posteriores al inicio de la actividad.

TERCERO. - En tanto se alcanzan las fechas establecidas en la Tabla 3 y en el caso de que las descargas contengan concentraciones superiores a los límites máximos, el responsable no podrá descargar contaminantes mayores a las que descargó durante los últimos tres años.

De nuestras observaciones desprendemos a modo de reflexión que no se ha actualizado la norma y que:

En la NOM-002-SEMARNAT-1996 se permite contaminar, permite que las aguas residuales contengan altos índices contaminantes, estas descargas pueden generar daños a la salud y daños al sistema de alcantarillado, las autoridades competentes tienen conocimiento de ello, por ello es que esta norma invita a conocer cuáles son los límites máximos permisibles de contaminantes pueden ser vertidos a las alcantarillas para evitar daños mayores. El periodo de los promedios, los valores, los resultados hay que actualizarlos. El punto 4.7 da la opción al responsable de no cumplir con los parámetros máximos si se presenta la remoción de DBO y SST, nuevamente si se presenta este proceso, debe quedar como complemento y no como opción para no cumplir con los parámetros. En cuanto a la inspección, vigilancia y verificación también hay un rezago pues si se cumpliera el trabajo de la prevención y el previo tratamiento, un hubiese contaminación y los efectos en el ambiente fuesen otros; actualmente existen más contaminantes no enunciados en la norma, se necesita una revisión y actualización del impacto de estas descargas al ambiente.

2.1.7.4 NOM-003-SEMARNAT-1997

La norma está comprendida en un índice general que sirve de guía para su comprensión.

La NOM-003-SEMARNAT-1997 se constituye en nueve puntos en el índice, el primero, es el objetivo y campo de aplicación; el segundo, las referencias; el tercero, las definiciones; el cuarto, las especificaciones; el quinto, muestreo; el sexto, métodos de prueba; el séptimo, el grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales y mexicanas; el octavo, la bibliografía y el noveno, es observancia de esta Norma. El Anexo 1 es Técnica para la determinación y cuantificación de huevos de helminto. En seguida se presenta la descripción y análisis de los puntos antes mencionados, señalando algunas observaciones:

1. Objetivo y campo de aplicación

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reúso.

2. Referencias

Aquellas normas mexicanas que ayudan para determinar los límites máximos de contaminantes y, que se tomaron en cuenta para el desarrollo de la norma oficial mexicana, compilando estas anteriores.

3. Definiciones

Palabras clave útiles para la comprensión y cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana, como lo son: aguas residuales, aguas crudas, aguas residuales tratadas, contaminantes básicos, contaminantes patógenos y parasitarios, entidad pública, lago artificial recreativo, lago artificial no recreativo, límite máximo permisible, promedio mensual, reúso en servicios al público con contacto directo, reúso en servicios al público con contacto indirecto u ocasional.

4. Especificaciones

4.1 Los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas son en relación a coliformes fecales, huevos de helminto, grasas y aceites, DBO y SST, para su reúso en servicios al público con contacto directo o indirecto;

4.2 La materia flotante debe estar ausente en el agua residual tratada;

4.3 El agua residual tratada en servicios al público, no deberá contener metales pesados y cianuros mayores a los permitidos;

4.4 Las entidades públicas responsables de las aguas residuales que reúsen en servicios al público, tienen la obligación de realizar el monitoreo de las aguas

tratadas en los términos de la presente Norma y de conservar al menos durante los últimos tres años los registros de la información resultante del muestreo y análisis, al momento en que la información sea requerida por la autoridad competente.

5. Muestreo

Los responsables del tratamiento y reúso de las aguas residuales tratadas, tienen la obligación de realizar los muestreos como se establece en la Norma Mexicana NMX-AA-003. La periodicidad y número de muestras será:

- a.** Para los coliformes fecales, materia flotante, demanda bioquímica de oxígeno⁵, sólidos suspendidos totales y grasa y aceites, al menos 4 (cuatro) muestras simples tomadas en días representativos mensualmente.
- b.** Para los huevos de helminto, al menos 2 (dos) muestras compuestas tomadas en días representativos mensualmente.
- c.** Para los metales pesados y cianuros, al menos 2 (dos) muestras simples tomadas en días representativos anualmente.

6. Métodos de prueba

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta NOM, se deben aplicar los métodos de prueba indicados en las normas mexicanas a que se refiere el punto 2 de esta Norma. Para coliformes fecales, el responsable del tratamiento y reúso del agua residual, podrá realizar los análisis de laboratorio de acuerdo con la NMX-AA-102-1987, siempre y cuando demuestre a la autoridad competente que los resultados de las pruebas guardan una estrecha correlación o son equivalentes a los obtenidos mediante el método de tubos múltiples que se establece en la NMXAA-42-1987. El responsable del tratamiento y reúso del agua residual, puede solicitar a la SEMARNAT, la aprobación de métodos de prueba alternos. En caso de aprobarse, éstos pueden ser aplicados por otros responsables en situaciones similares. Para la determinación de huevos de helminto se deben aplicar las técnicas de análisis que se señalan en el anexo 1 de esta Norma.

7. Grado de concordancia con normas internacionales y mexicanas

No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente; tampoco existen normas mexicanas que hayan servido de base para su elaboración.

8. Bibliografía

Consta de 8 fuentes.

9. Observancia de esta norma

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través de la Comisión Nacional del Agua, y a la Secretaría de Salud, en el ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General de Salud y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación. Las plantas de tratamiento de aguas residuales referidas en esta Norma que antes de su entrada en vigor ya estuvieran en servicio y que no cumplan con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en ella, tendrán un plazo de un año para cumplir con los lineamientos establecidos en la presente Norma.

De nuestras observaciones desprendemos a modo de reflexión que no se ha actualizado y que:

En la NOM-003-SEMARNA-1997, se enfatiza en la opción y la necesidad de reutilizar las aguas residuales para aquellas actividades en que sea posible, estas

aguas tienen que tener un previo tratamiento que cumpla con las especificaciones para ser reutilizadas, se pueden ampliar los usos y promover esta acción de la reutilización para así dejar el agua potable para otros usos, o sin ser potable pero que pueda alcanzar niveles óptimos para otras actividades mediante el tratamiento adecuado.

En estas tres normas en la parte conducente de grado de concordancia con normas internacionales, expresa que no existe alguna, sin embargo, si hay normas de otros Estados en las cuales cuentan con tratamiento más avanzados, más limpios, en donde los contaminantes es un listado mucho mayor y las concentraciones son más estrictas y si se vigila el cumplimiento de las descargas de las aguas residuales. Estas tres normas no incluyen la toxicidad, es un concepto que no puede ni debe omitirse.

2.1.8 Ley Federal de Derechos

El objeto de esta ley, como lo refiere el primer artículo, son los derechos que se pagarán por usar o aprovechar los bienes del dominio público de la Nación y por recibir servicios que presta el Estado en sus funciones de derecho público y, las aguas residuales pertenecen a la propiedad de la nación.

Los servicios relacionados con el agua se encuentran dentro del Título Primero De los Derechos por la Prestación de Servicios, Capítulo XIII Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Sección Segunda Servicios Relacionados con el Agua y sus Bienes Públicos Inherentes, al indicar que:

- Por el estudio, trámite para la expedición o prórroga de títulos de asignación, concesión, de permisos o autorizaciones de transmisión, incluyendo la inscripción al Registro Público de Derechos del Agua; los derechos que se pagarán serán: por cada permiso de descarga de aguas residuales industriales a un cuerpo receptor; por cada permiso de descarga de aguas residuales

distintas a la anterior; por cada prórroga o modificación a los títulos o permisos respecto de la calidad de descarga, artículo 192, fracción II, III, IV;

- Por la expedición de los certificados de la calidad del agua se pagarán las cuotas de las aguas que regresen a su fuente original o que se viertan en otro lugar autorizado por la Comisión Nacional del Agua y que cumplan con los lineamientos de calidad, este certificado tendrá una validez solo durante el ejercicio fiscal por el que se expide, artículo 192-B, fracción I y artículo 224, fracción V.

Estos dos puntos van acordes con la Ley de Aguas Nacionales en donde para el otorgamiento de permisos o renovaciones para descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, se tendrán previamente que cumplir con requisitos.

En la Sección Novena del Capítulo XIII, denominada Prevención y Control de la Contaminación, se otorga "...una licencia ambiental única para la prevención y control de la contaminación de la atmósfera, a las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera...", se pagarán derechos por la recepción, evaluación y actualización de esta licencia, Artículo 194-O; aunque no se mencione que también podrá ser otorgada para las descargas de aguas residuales industriales que emitan olores, gases contaminantes.

Los derechos sobre el agua se encuentran en el Título Segundo De los Derechos por el Uso o Aprovechamiento de Bienes del Dominio Público, Capítulo VIII Agua, los artículos correspondientes son los siguientes:

Artículo 223, por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales..., se pagará el derecho sobre agua, de conformidad con la zona de disponibilidad de agua y la cuenca o acuífero en que se efectúe su extracción, ya sea de fuentes superficiales o del subsuelo, destinadas a consumo humano o no.

Artículo 224, fracción II, pero los derechos por el Uso o Aprovechamiento de Bienes del Dominio Público, no se pagarán cuando sea “por el uso o aprovechamiento de aguas residuales, cuando se deje de usar o aprovechar agua distinta a ésta o cuando provengan directamente de colectores de áreas urbanas o industriales”. Ni cuando las “Por las aguas que regresen a su fuente original o que sean vertidas en cualquier otro sitio previamente autorizado por la Comisión Nacional del Agua en los términos de la Ley de Aguas Nacionales, siempre que tengan el certificado de calidad del agua expedido por esta última en los términos del Reglamento de la citada Ley, de que cumple los lineamientos de calidad del agua, de acuerdo con el grado de calidad correspondiente al destino inmediato posterior y se acompañe una copia de dicho certificado a la declaración del ejercicio. Estos contribuyentes deberán tener instalado medidor tanto a la entrada como a la salida de las aguas. El certificado a que se refiere el párrafo anterior será válido únicamente por el periodo del ejercicio fiscal por el que se expide. El certificado de calidad del agua deberá solicitarse dentro de los tres primeros meses del ejercicio fiscal de que se trate. En caso de ser solicitado posteriormente al plazo antes señalado, el certificado será válido a partir del momento en que se solicitó”.

Artículo 229. Una de las obligaciones de los usuarios de las aguas es contar con los aparatos e instrumentos para medir las aguas, las lecturas que se realicen sirven para calcular las cuotas y derechos que se deberán pagar, según lo establece el artículo 225. El procedimiento para llevar a cabo este procedimiento se encuentra en el artículo 226 y artículo 227. En caso de descomposición, rotura, obstaculización o algún otro problema que impida determinar el volumen de agua, se determinará presuntivamente, artículo 228; considerando volúmenes, registros, cantidades, cualquier información que obtenga la autoridad fiscal.

Artículo 231-A. Una de las obligaciones fiscales de la Comisión Nacional del Agua es informar “...trimestralmente al Congreso de la Unión acerca de la devolución de los recursos destinados a las acciones de mejoramiento de eficiencia y de infraestructura de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales”.

Dentro de este mismo Título, Capítulo XIV Derecho por Uso o Aprovechamiento de Bienes del Dominio Público de la Nación como Cuerpos Receptores de las Descargas de Aguas Residuales:

Artículo 276. Están obligados a pagar el derecho por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales, las personas físicas o morales que descarguen en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, así como los que descarguen aguas residuales en los suelos o las infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o que puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos, en términos de lo dispuesto en esta Ley. El pago del derecho a que se refiere este artículo no exime a los responsables de las descargas de aguas residuales de cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas y con las condiciones particulares de sus descargas, de conformidad con la Ley de Aguas Nacionales.

Este derecho será calculado conforme al volumen descargado en un trimestre con los aparatos y medidores que instale la CONAGUA, mientras no se instale los contribuyentes tendrán que instalarlos, artículo 227-A. La cuota se determina por el volumen descargado por metro cúbico. Los cuerpos receptores son de tres tipos (A, B y C), dependiendo quién descargue (entidades federativas, municipios, organismos paraestatales, paramunicipales, empresas concesionarias, personas físicas o morales), será el Tipo y la cuota, artículo 277-B. Los cuerpos receptores de propiedad nacional están clasificados en el artículo 278-A, en el que se menciona para el Distrito Federal el Río Magdalena en la Delegación Magdalena Contreras.

Existe la opción de que las personas físicas y morales pueden "...acreditar contra el derecho del trimestre a su cargo la cantidad que resulte de aplicar un procedimiento", para esto, se necesitan los datos de las concentraciones de contaminantes, de sólidos suspendidos totales y de la demanda química de oxígeno artículo 278, 278-B.

Los ingresos que se obtengan por concepto del derecho por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales, correspondientes a este Capítulo,

se destinarán a la Comisión Nacional del Agua para la realización de los programas que al efecto establezca dicha Comisión, para la realización de acciones de infraestructura, operación y mejoramiento de eficiencia de saneamiento. Los contribuyentes del derecho por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales a que se refiere la fracción I del artículo 277-B de esta Ley, podrán solicitar a la Comisión Nacional del Agua autorización para realizar un programa de acciones de infraestructura, operación y mejoramiento de eficiencia de saneamiento y, en su caso, dicha Comisión les asignará recursos para su realización... El programa de acciones referido anteriormente, tendrá como fin mejorar la calidad de las aguas residuales, ya sea mediante cambios en los procesos productivos o para el control o tratamiento de las descargas, a fin de no rebasar los límites máximos permisibles establecidos en esta Ley, y mantener o mejorar la calidad de sus descargas de aguas residuales, artículo 279.

Si no se rebasa los límites máximos permisibles, no están obligados al pago del derecho. La CONAGUA publica estas listas en el Diario Oficial de la Federación, artículo 282.

Para el tratamiento de aguas residuales hay dos opciones, que los contribuyentes cuenten plantas de tratamiento, si es así y "...en sus procesos productivos hayan realizado acciones para mejorar la calidad de sus descargas, podrán gozar de un 30% de descuento en el pago del derecho...", o que contraten los servicios de empresas que se dediquen a ello, si se contrata estos servicios, serán solidarios responsables de cumplir con las obligaciones y de pagar los derechos, artículo 282-B y 282-C.

La CONAGUA y el Servicio de Administración Tributaria (SAT) aplicarán la determinación presuntiva en cinco casos: "no se tenga instalado o no funcione el aparato de medición...", cuando el cálculo que efectúe el usuario bajo su responsabilidad sea menor al que resulte de aplicar el mismo procedimiento que se

señala en la Ley de Aguas Nacionales..., se oponga o se obstaculice las facultades de comprobación, verificación y medición de la CONAGUA..., que no se pague el derecho... y, cuando de forma fortuita se descarguen aguas residuales o contaminadas por quienes no son contribuyentes y causen daño ecológico...”, artículo 284.

2.2 Las aguas residuales en la legislación de la Ciudad de México

2.2.1 Constitución de la Ciudad de México

La Constitución de la Ciudad de México se redactó, discutió y se aprobó por la Asamblea Constituyente de la Ciudad el 31 de enero de 2017, entró en vigor el 17 de septiembre de 2018. Está integrada por ocho Títulos, setenta y un artículos en los cuales se establecen los principios rectores.

Entre los derechos de los ciudadanos, se reconoce y se ratifica el derecho a un ambiente sano, incluyendo el derecho a que las aguas sean saneadas; en este punto, el Artículo 9, inciso F, punto 1., se menciona que “toda persona tiene derecho a recibir, solicitar, y difundir información sobre cuestiones del agua”, en este orden de ideas, va acorde al objetivo de la Coordinación de Comunicación y Cultura de Agua de la Comisión Nacional del Agua, cuyo propósito es informar a la población sobre la importancia del uso eficiente del agua, los costos de proveerla y su valor estratégico para el desarrollo del país, porque todos debemos tener la asertividad de conocer o pretender conocer la calidad del agua que consumimos y la forma en que la contaminamos para hacer un mejor uso.

Reconocido lo está también el derecho a que los servicios públicos sean de calidad, que la administración pública funcione, que las autoridades dentro de sus competencias tendrán que asegurar la protección al medio ambiente, generar la gestión sustentable del agua, como se menciona en el Punto B del Artículo 16, que

se garantizará el saneamiento de aguas residuales, desde todo el proceso, recolección, conducción, tratamiento, disposición y reutilización.

El Punto F del Número 3 inciso B de este mismo Artículo 16, resalta que se promoverá la captación agua pluvial, su tratamiento y reutilización para otros usos y recarga de los acuíferos; es importante señalar esta idea, actualmente toda el agua de precipitación se va directo a las alcantarillas combinándose con aguas residuales domésticas, comercio y de industria, en la Ciudad de México no tenemos separados la red de drenaje, todo se une.

El organismo que tiene a su cargo el servicio público de potabilización, distribución, abasto y drenaje es el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, SACMEX (más adelante abordará las funciones del SACMEX).

Además, se aborda el tema de que el sector industrial “no podrá comprometer en ningún caso la satisfacción de las necesidades de uso personal y doméstico del agua. Se promoverá el uso eficiente, responsable y sustentable del agua en las actividades económicas...”. Textualmente dice “se promoverá”, aunado a una promoción-invitación, se necesitan acciones y obligaciones, a las industrias se les dota de agua potable para el desarrollo de sus procedimientos, no tratan las aguas residuales antes de verterlas, contaminan más, no ejercen una práctica sustentable del recurso, las descargas de sus aguas residuales contaminan poniendo en peligro y dañando la salud de todo ser vivo. Debería de ser obligación que traten sus aguas y las reutilicen en sus procesos.

El artículo 53 del ordenamiento antes mencionado, es el correspondiente a las aguas residuales y drenaje, en donde se reconoce y faculta a las alcaldías para promover y asegurar el desarrollo sustentable, así se encuentra establecido en la fracción XIX del punto 2 inciso A; dentro de su competencia, en el numeral 12, fracciones II, III y X, cada alcaldía tiene jurisdicción en obra pública, servicios públicos, protección al ambiente, se establecen dichas atribuciones de prestar el

servicio de agua potable, alcantarillado, drenaje y saneamiento, dichas acciones se tienen que realizar como el mismo artículo indica, de forma coordinada con el Gobierno de la Ciudad, con otras alcaldías, con el SACMEX y la CONAGUA.

2.2.2 Ley de Aguas del Distrito Federal

Esta legislación se publicó esta Ley en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 27 de mayo de 2003. Esta ley es el conjunto normativo en el cual recaen la administración, control y gestión del recurso hídrico en la Ciudad de México.

Para la investigación presentada destacaremos lo relacionado a las aguas residuales de la Ciudad de México lo que corresponda en disposiciones generales; competencia; conservación, aprovechamiento sustentable y prevención y control de la contaminación del agua; prestación de servicios hidráulicos y tratamiento de las aguas residuales y su reuso:

- Disposiciones generales:

Objeto, lo ubicamos en el artículo 1, será regular la gestión integral de los recursos hídricos y la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales.

En el segundo artículo se aclara que será de aplicación supletoria las disposiciones contenidas en otras leyes, reglamentos, normas y demás ordenamientos jurídicos relacionados con las materias que regulan la Ley de Aguas del Distrito Federal.

Se declara de utilidad pública el mantenimiento, rehabilitación, construcción, operación y ampliación de las obras de drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, se menciona así en el artículo 3.

Principios hídricos: el agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el ambiente; el aprovechamiento y la gestión del agua debe

inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de la toma de decisiones; la consideración de los atributos de accesibilidad, equidad, sustentabilidad y eficiencia económica para las presentes y futuras generaciones que reduzcan el agotamiento de estos recursos y la contaminación de los cuerpos de agua y los ecosistemas; la adopción de medidas para el monitoreo y control de los recursos hídricos, artículo 6, fracciones I, V, XII, XIII.

- Competencia, las autoridades con atribuciones para aguas residuales serán:

A) Sistema de Aguas de la Ciudad de México

Se desarrollarán sus facultades en el Capítulo siguiente del presente trabajo. Sin embargo, mencionaremos que es un órgano desconcentrado de la Administración Pública del Distrito Federal, adscrito a la Secretaría del Medio Ambiente, cuyo objeto principal es la operación de la infraestructura hidráulica y la prestación del servicio público de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales, artículo 7.

B) Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal

Se desarrollarán sus facultades en el Capítulo siguiente del presente trabajo. Sin embargo, mencionaremos que en el artículo 15 se establecen la competencia de esta Secretaría y, tiene la facultad de “Integrar a la política ambiental las disposiciones que esta Ley establece en materia de conservación y aprovechamiento sustentable del agua, así como de la prevención y control de la contaminación del agua, y su aplicación.

- Conservación, aprovechamiento sustentable y prevención y control de la contaminación del agua:

A) Los criterios a considerar son: antes del vertimiento, se debe aprovechar al máximo el recurso, reusando tanto sea posible; para las actividades industriales es fundamental el previo tratamiento antes de la descarga; en

cauces naturales cercanos a zonas habitacionales, el Sistema de Aguas deberá construir un sistema de drenaje para evitar que se contaminen con aguas residuales, artículo 34.

- B) Los usuarios tenemos el deber de evitar el desperdicio, utilizar el agua residual tratada para limpieza, reusar el agua, artículo 35.
- C) Una opción para incrementar los niveles de los mantos freáticos, está la recarga por aguas residuales tratadas, éstas deberán cumplir con todos los requisitos establecidos en las normas oficiales mexicanas y normas ambientales, artículo 36.
- D) El Sistema de Aguas y las Delegaciones: implementarán el establecimiento de procesos de tratamiento de aguas residuales; fomentarán las instalaciones alternas de drenaje sanitario cuando no pueda construirse para mantener la calidad de las aguas; promoverán medidas necesarias para evitar que los residuos sólidos, materiales y sustancias tóxicas que contaminen las aguas; llevarán a cabo el control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado de la red pública; otorgarán los permisos de descarga de aguas residuales en los sistemas de drenaje; implementarán acciones del previo tratamiento antes de su vertido; determinarán cuáles usuarios están obligados a construir y operar plantas de tratamiento y pretratamiento de aguas residuales, manejo y disposición de lodos; aplicarán sanciones y multas; vigilarán y promoverán la aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas, artículo 41 y 42. Las normas ambientales contienen cuáles son los parámetros, capacidad de asimilación y dilución se deben cumplir en las descargas, artículo 44.

Cuando el vertido no cumpla y contamine, el Sistema de Aguas debe informar de inmediato a la autoridad competente para que se suspenda

el suministro de agua que, de origen, artículo 45. Se suspenderá la descarga cuando no se cuente con el permiso, cuando la calidad no se ajuste a las normas oficiales mexicanas, cuando se deje de pagar las contribuciones, cuando el responsable de la descarga utilice la dilución para pretender cumplir, artículo 48.

Cuando la paralización de una planta de tratamiento de aguas residuales pueda ocasionar graves perjuicios a la salud o la seguridad de la población o graves daños al ecosistema, el Sistema de Aguas ordenará la suspensión de las actividades que originen la descarga, artículo 46.

- Prestación de servicios hidráulicos

Como hemos visto, corresponde a los estados, municipios y Ciudad de México la prestación de servicios, en el caso, corresponde el servicio para el alcantarillado, drenaje, tratamiento y desalojo de las aguas residuales.

Para el servicio de drenaje, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales está a cargo del Jefe de Gobierno de la Ciudad a través del Sistema de Aguas, artículo 50. Los obligados a solicitar este servicio son los propietarios o poseedores de predios edificados, de establecimientos mercantiles, industriales, personas que realicen obras de construcción, los que deban utilizar agua tratada, artículo 51.

En el servicio de drenaje y alcantarillado:

Artículo 71. Para la prestación del servicio de drenaje y alcantarillado, el Sistema de Aguas, y cuando corresponda las delegaciones, regularán y controlarán las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje, los cuales comprenden el drenaje sanitario, pluvial y colectores que integran la red hidráulica del Distrito Federal. El Sistema de Aguas asumirá el control de las descargas de aguas residuales o celebrará el convenio correspondiente con las delegaciones en los términos de la presente Ley y su Reglamento. El Sistema de Aguas fomentará el desarrollo de sistemas de drenaje separados para la captación y conducción de aguas pluviales y, de aguas negras y grises.

- Tratamiento de las aguas residuales y su reúso

Este apartado lo ubicamos en el Título Sexto, del Artículo 77 al 92. Las facultades del Sistema de Aguas se transcriben a continuación:

Artículo 77. El Sistema de Aguas está facultada para:

- I. Establecer criterios técnicos para el control y la prevención de la contaminación por la descarga de aguas residuales al sistema de drenaje del Distrito Federal, con base en las normas oficiales mexicanas y las normas ambientales para el Distrito Federal;
- II. Ejercer las atribuciones en materia de calidad del agua a través del monitoreo que se lleve a cabo en el Laboratorio Central de Calidad del Agua del sistema hidráulico del Distrito Federal, en cumplimiento a las normas oficiales mexicanas y a las diversas disposiciones legales;
- III. Ejercer el control electrónico del bombeo en la red de distribución de agua que permita reducir el consumo eléctrico.
- IV. Revisar y aprobar los proyectos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales;
- V. Establecer las condiciones específicas de pretratamiento de las descargas no domésticas que lo requieran para la remoción o reducción de concentraciones de determinados contaminantes;
- VI. Otorgar los permisos de descarga de aguas residuales no domésticas al sistema de drenaje;
- VII. Registrar, monitorear y vigilar el cumplimiento de las disposiciones de las Normas Oficiales mexicanas y las disposiciones aplicables de la calidad de las descargas de aguas residuales;
- VIII. Revisar los proyectos de las obras de los sistemas de tratamiento que se pretenden construir por parte de los particulares, que descarguen a los sistemas de drenaje y, en su caso, recomendar las modificaciones que estime convenientes, y
- IX. Las demás que expresamente se le otorguen por esta Ley y su Reglamento.

Artículo 78. El tratamiento de aguas residuales y su reúso deberá cumplir con las disposiciones contenidas en las Normas Oficiales Mexicanas, las normas ambientales para el Distrito Federal y, en su caso, las condiciones particulares de descarga.

Artículo 79. El Sistema de Aguas instrumentará lo necesario para que los usuarios no domésticos que descargan sus aguas residuales cumplan con las disposiciones aplicables mediante la construcción de sistemas particulares de tratamiento, y promoverá la construcción y operación de sistemas de tratamientos de aguas

residuales con cargo al usuario que incumpla la normatividad y disposiciones legales.

Artículo 80. El Sistema de Aguas está facultada para supervisar que los proyectos y obras realizadas por los usuarios no domésticos para el tratamiento de aguas residuales que se descarguen en el sistema de drenaje, cumplan con las disposiciones en materia de calidad de las aguas residuales.

Artículo 81. La Secretaría hará del conocimiento del Sistema de Aguas el inventario de las descargas de aguas residuales no domésticas que se vierten al sistema de drenaje, así como los nuevos permisos que otorgue. En los sistemas de tratamiento de aguas residuales que se pretendan construir por los usuarios, invariablemente deberán considerar y realizar los proyectos para el manejo y disposición final de lodos, en los términos de las disposiciones legales respectivas. En su caso deberán cubrir el pago correspondiente de acuerdo al contenido de los mismos que determine el Sistema de Aguas.

Artículo 82. El Jefe del Gobierno del Distrito Federal, a través del Sistema de Aguas, promoverá ante la autoridad federal competente la fijación de parámetros específicos de calidad del agua residual que se descargue a un determinado depósito o corriente de aguas nacionales para efectos de establecer condiciones para su conservación. De igual manera, en los cuerpos y corrientes que en los términos de las disposiciones legales que queden a cargo de la administración del Sistema de Aguas, ésta promoverá ante el Jefe del Gobierno del Distrito Federal, las reglamentaciones para establecer el control y protección de los cuerpos de agua de conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas y las normas ambientales para el Distrito Federal.

Artículo 83. Se prohíbe descargar a los sistemas de drenaje, ríos, manantiales, arroyos, corrientes, colectores o canales localizados en el territorio del Distrito Federal, desechos tóxicos, sólidos o líquidos, productos de proceso industrial u otros clasificados como peligrosos conforme a las disposiciones de esta Ley y demás aplicables.

Artículo 84. El Sistema de Aguas promoverá el reuso de las aguas residuales que se descarguen en el sistema de drenaje o las que resulten de los procesos de tratamiento.

Artículo 85. El Sistema de Aguas vigilará que el reuso se ajuste a los términos establecidos en las normas oficiales mexicanas, las normas ambientales para el Distrito Federal y las obligaciones contraídas en los títulos otorgados.

Artículo 86. El Sistema de Aguas promoverá ante los usuarios prioritariamente el desarrollo de la infraestructura que permita el mayor aprovechamiento de las aguas residuales tratadas, siempre que se justifique técnica, económica y ambientalmente.

Artículo 86 Bis.- Será obligatorio para las nuevas construcciones o edificaciones, que cuenten con dispositivos y accesorios hidráulicos y sanitarios que cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas en materia de ahorro del agua.

Artículo 86 Bis 1.- Las nuevas construcciones o edificaciones deberán contar con redes separadas de agua potable, de agua residual tratada y cosecha de agua de lluvia, debiéndose utilizar esta última en todos aquellos usos que no requieran agua potable; así mismo, deberán contar con la instalación de sistemas alternativos de uso de agua pluvial.

En cuanto a verificación y cumplimiento, se aceptan las visitas de verificación, solicitar documentos, allegarse a todos los medios de prueba, supervisar las tomas o descargas, garantizar el cumplimiento de las normas, de los servicios, vigilar que no existan tomas o aprovechamientos clandestinos, artículo 106.

Las sanciones corresponderán porque: se explota, usa, aprovecha el agua sin autorización, sin mantener la calidad, utilizar volúmenes mayores; ocupar cuerpos receptores sin autorización; alterar la infraestructura hidráulica sin permiso; negar datos; “arrojar o depositar desechos sólidos susceptibles de sedimentarse y de obstruir los conductos; grasas, líquidos o sustancias inflamables, tóxicas, peligrosas, corrosivas y en general, cualquier desecho, objeto o sustancia que pueda alterar los conductos, estructura o funcionamiento del sistema, afectar las condiciones ambientales, sanitarias, causar daños a la población, o que haga económicamente incosteable su tratamiento ulterior; lodos provenientes del uso de tratamientos de aguas residuales, al drenaje del sistema, o en cauces y vasos, y cuando las descargas no cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas”; incumplir obligaciones; desperdiciar, artículo 110.

2.2.3 Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal.

Se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 13 de enero de 2000.¹¹⁵ Su objetivo es definir los principios por los cuales se formularán, conducirán y evaluarán la política ambiental en el Distrito Federal; regular las facultades de la Administración Pública del Distrito Federal¹¹⁶ en materia ambiental; conservar y restaurar el equilibrio ecológico, prevenir daños al ambiente, regular el suelo de conservación para la preservación de los ecosistemas y recursos naturales, regular la responsabilidad ambiental, establecer el ámbito de participación de la sociedad, reconocer las obligaciones y deberes del Gobierno y sociedad, artículo 1.

Para nuestro tema corresponde de esta ley:

Su Aplicación se encuentra ubicada en el Artículo 2:

ARTÍCULO 2° Esta ley se aplicará en el territorio del Distrito Federal en los siguientes casos:

...

II. En la prevención y control de la contaminación de las aguas de competencia local conforme a la ley federal en la materia;

La Utilidad pública, ubicada en Artículo 3, fracción IV, VI:

ARTÍCULO 3° Se consideran de utilidad pública:

...

IV. La prevención y control de la contaminación ambiental del aire, agua y suelo, así como el cuidado, restauración y aprovechamiento de los elementos naturales...

...

¹¹⁵ Esta ley fue un decreto por el cual se cambió de nombre de Ley Ambiental del Distrito Federal por Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal.

¹¹⁶ La “administración” es la planeación, instrumentación, promoción, ejecución, control y evaluación de las acciones que en el ámbito público y en materia de protección, preservación, restauración y desarrollo se realicen en las áreas verdes, áreas de valor ambiental y áreas naturales protegidas, así como la coordinación de la investigación científica, monitoreo ambiental, capacitación y asesoría técnica que respecto a dichas áreas y sus elementos se lleven a cabo. La Administración Pública del Distrito Federal es el conjunto de órganos, centrales, desconcentrados y paraestatales, conforme a la Ley Orgánica que expida la Asamblea Legislativa, la cual distribuirá los negocios del orden administrativo del Distrito Federal. Fuente: Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal, Artículo 5.

VI. La Ejecución de programas destinados a fomentar la educación ambiental ¹¹⁷y a otorgar incentivos para la aplicación de tecnología ambiental y para la conservación de servicios ambientales...

Las Autoridades ambientales, están mencionadas en el Artículo 6:

En la ciudad de México las autoridades ambientales son el Jefe de Gobierno, el titular de la Secretaría del Medio Ambiente, la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación, los Jefes Delegacionales y la Procuraduría Ambiental, a lo que cada autoridad tiene sus respectivas facultades. Pero todas “están obligadas a: promover la participación ciudadana en la gestión ambiental, fomentar la protección al ambiente y la salud, fomentar y hacer un uso eficiente de los recursos naturales y en caso de inducir cualquier actividad que afecte el ambiente y la disponibilidad futura de los recursos naturales, reparar los daños causados.”, contemplado en el artículo 13; promover que las instituciones de educación en todos sus niveles incorporen en sus programas educativos el contenido ambiental; la formación de especialistas en materia ambiental, señalado en el artículo 73, fracciones I y VI. En el caso del Jefe de Gobierno, una de sus atribuciones estipuladas en el artículo 8, es establecer un fondo para las investigaciones, resolver problemas ambientales.

Las facultades de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México las veremos en el Capítulo Tercero correspondiente a las instituciones de gestión de las aguas residuales de la Ciudad de México.

Para el trabajo que presentamos, vamos a resaltar lo que corresponde al tema en información ambiental; protección, restauración y aprovechamiento de los recursos naturales, áreas naturales protegidas; conservación y aprovechamiento sustentable del agua; prevención, control y acciones contra la contaminación ambiental;

¹¹⁷ Educación ambiental: El proceso permanente de carácter interdisciplinario, orientado a la formación de una ciudadanía que reconozca valores, aclare conceptos y desarrolle las habilidades y actitudes necesarias para una convivencia armónica entre seres humanos, su cultura y su medio biofísico circundante. Artículo 5 de Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal.

prevención y control de la contaminación del agua; actividades riesgosas; prestadores de servicios ambientales:

- Información ambiental.

El derecho al acceso de la información ambiental se encuentra en el Capítulo XI, artículo 75-79. Como parte de la información, la Secretaría desarrollará un Sistema de Información ambiental, en donde se registrará, actualizará y difundirá la información de la calidad del agua, áreas de valor ambiental, descargas de aguas residuales y residuos no peligrosos, los programas y acciones que se realicen para la preservación del ambiente.

- Protección, restauración y aprovechamiento de los recursos naturales.

Se encuentra en el Título Cuarto, artículo 85-86 Bis. La administración pública local tiene la misión de proteger y restaurar el ambiente de forma coordinada con la sociedad y dependencias competentes, artículo 6. Los criterios a considerar son: en todo momento se verificará el cumplimiento de la normatividad de las descargas; en obras o actividades de cualquier tipo, se evitará el deterioro de la calidad del agua; promoción de la participación de áreas naturales protegidas; emisión de normas ambientales, programas de inspección y vigilancia e imposiciones de sanciones.

- Áreas Naturales protegidas.

En el Capítulo III, artículo 92 se establecen las categorías de las áreas naturales, la fracción III son Zonas de Protección Hidrológica y Ecológica, el artículo 92 Bis 1, las define como aquellas que se establecen para la protección, preservación y restauración de sistemas hídricos naturales, así como fauna, flora, suelo y subsuelo asociados. Por ejemplo, en la Ciudad de México es de especial importancia porque el Río Magdalena y la zona lacustre de Xochimilco están consideradas como zonas hidrológicas, estas zonas son vitales para la ciudad y para todos los seres que vivimos en ella y están documentados que a estas zonas las estamos perdiendo y contaminando con descargas de aguas negras, como basureros, con

asentamientos humanos, con extracciones y sin recargas adecuadas e idóneas que este río y otros desembocan al drenaje.¹¹⁸

- Conservación y aprovechamiento sustentable del agua.

Así se nombra al Capítulo IV, le corresponden los artículos 104 al 110. Se promueve que en las actividades en donde se pueda utilizar aguas residuales tratadas en lugar de potable, se debe realizar de esa manera. Dentro de las acciones para realizar un uso eficiente del agua, los criterios considerados son: I. Todos debemos cuidar el recurso para no alterar el equilibrio; II. El agua tratada está considerada como forma para prevenir la afectación del ambiente y sus ecosistemas; III. Aprovechar el agua de lluvia es necesario para recargar los acuíferos y para otras actividades en donde no se requiera la potable. Para estas acciones se formularán programas, concesiones, permisos, licencias, autorizaciones de impacto ambiental, operaciones y administración de los sistemas de aguas potable y alcantarillado, diseño y ubicación de proyectos, ejecución de obras para la captación y filtración del agua de lluvia, proteger las zonas de recarga, promover el ahorro y uso eficiente del agua, del tratamiento de las aguas residuales, fomentar la cultura del recurso.

- Prevención, control y acciones contra la contaminación ambiental.

Se encuentra ubicado en el Título Quinto, las disposiciones generales son que “todas las personas están obligadas a cumplir con los requisitos y límites de emisiones contaminantes al...agua..., redes de drenaje y alcantarillado y cuerpos receptores del distrito federal establecidos por las normas aplicables o las condiciones particulares de descarga...”, artículo 123.

Comprenden acciones correctivas de la contaminación ambiental que: la Secretaría vigile las acciones correctivas de sitios o zonas donde se declare la contaminación ambiental; proyectar estudios para la prevención y restauración, artículo 124; integrar y mantener actualizado el inventario de las descargas de aguas residuales,

¹¹⁸ 1. La Jornada, “Agua”, Edición especial de La Jornada, México, 2005.
2. <http://www.jornada.unam.mx/2008/01/21/index.php?section=capital&article=036n1cap>

materiales y residuos, se creará un sistema de información basado en las autorizaciones, licencias y permisos, artículo 127; habrá coordinación con los distintos niveles de competencia para establecer el sistema de información del impacto en la salud provocado por la contaminación de los recursos, artículo 128; “queda prohibido emitir o descargar contaminantes al agua que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos, daños al ambiente o afecten la salud. En todas las descargas de contaminantes al agua, deberán ser observadas las previsiones de la Ley General, esta Ley, sus disposiciones reglamentarias, así como las normas oficiales mexicanas y normas ambientales del Distrito Federal que al efecto se expidan.”, artículo 126.

Dentro de las acciones contra la contaminación, están las medidas de seguridad comprendidas en donde “...de existir riesgo inminente de desequilibrio ecológico, o de daño o deterioro grave a los ecosistemas o a los recursos naturales, casos de contaminación con repercusiones peligrosas para la salud, para los ecosistemas o sus componentes, operación indebida de programas de cómputo y equipos, o se realicen obras o actividades sin contar con la autorización de impacto ambiental o riesgo debiendo sujetarse a la obtención previa de ésta, la autoridad ambiental competente, en forma fundada y motivada, podrá ordenar inmediatamente alguna o algunas de las siguientes medidas de seguridad...”, algunas son la neutralización para impedir desequilibrios ecológicos, aseguramiento de precautorio, clausura de fuentes contaminantes, suspensión de actividades o permisos, artículos 211-212. Las sanciones administrativas están reguladas en los artículos del 213-219, en donde encontramos la amonestación con apercibimiento, multa, clausura, arresto administrativo, reparación del daño, decomiso, demolición, compensación, realización de programas ambientales.

La responsabilidad por el daño ambiental es otra acción más, la encontramos en el Capítulo VI, en los artículos 221-224 Bis. Se basa en el Principio de Quien contamine, repara. En México se caracteriza por: se regirá de conformidad con la legislación civil; “...se ejercerá sin perjuicio de la acción indemnizatoria ordinaria

promovida por el afectado; la acción para demandar la responsabilidad por daños al ambiente prescribirá cinco años después de que hayan cesado los efectos del daño; cualquier persona física o moral de las comunidades afectadas tendrá derecho a ejercer la acción de responsabilidad por daño al ambiente...”, artículo 221; “La reparación del daño consistirá en la restitución de las cosas al estado en que se encontraban antes de producido el daño y sólo si ello no fuere posible, en el pago de una indemnización...”, artículo 222.

- Prevención y control de la contaminación del agua.

Integrada en el Capítulo IV, comprende los artículos 152 al 162. En este Capítulo es en el que se le da y reconoce un lugar especial a vertimientos de las aguas residuales, las disposiciones de este “...a las descargas de aguas residuales que se viertan a los cuerpos de aguas y a los sistemas de drenaje y alcantarillado de la ciudad”, Artículo 152. Los criterios considerados son que: I. La prevención y control de la contaminación del agua es fundamental para evitar la reducción de su disponibilidad y proteger los ecosistemas; II. Todos debemos prevenir la contaminación del recurso; III. El aprovechamiento del agua conlleva la responsabilidad del tratamiento antes de las descargas, en condiciones adecuadas para su reutilización. Estos criterios se consideran, así se menciona en el artículo 154 “...en las normas ambientales de la ciudad para el uso, tratamiento y disposición de las aguas residuales, para evitar riesgos y daños a la salud y el ambiente”; en toda clase de autorizaciones para el aprovechamiento del recurso y descargas; “en el diseño y operación de sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de agua residual”; en las restricciones o suspensiones cuando se contamine.

Al igual que en la LAN y en la LGEEPA, en esta ley se prohíben las descargas en cualquier cuerpo o corriente de agua, artículo 156, se debe tramitar la Licencia Ambiental Única para el Distrito Federal¹¹⁹ a aquellas fuentes que descarguen

¹¹⁹ La Licencia Ambiental Única para el Distrito Federal y su actualización anual, es el instrumento de política ambiental por el que se concentran diversas obligaciones ambientales de los responsables de fuentes fijas que están sujetos a las disposiciones de la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal, mediante la tramitación de un solo procedimiento que ampare los

aguas residuales distintas a las domésticas, artículo 157, se exceptúa de igual forma:

ARTÍCULO 160.- Se exceptúa de la obligación de presentar los estudios de aguas residuales a través de la Licencia Ambiental Única para el Distrito Federal a las descargas provenientes de los siguientes usos: I. Domésticos, siempre y cuando no se relacionen con otras actividades industriales, de servicios, de espectáculos o comerciales, dentro del predio del establecimiento; II. Servicios análogos a los de tipo doméstico, que determine la norma correspondiente, siempre y cuando se demuestre cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas y normas ambientales para el Distrito Federal, y III. Aquellos que determinen las normas ambientales para el Distrito Federal.

- Actividades riesgosas¹²⁰.

Se indica en la Sección III en el Artículo 176:

ARTÍCULO 176.- El reglamento de esta Ley y las normas ambientales para el Distrito Federal, establecerán la clasificación de las actividades que deban considerarse riesgosas, en virtud de las características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico infecciosas, de los materiales que se generen o manejen en los establecimientos industriales, comerciales o de servicios, considerando, además, los volúmenes de manejo y la ubicación del establecimiento, así como los casos en los que por las sustancias que maneje el establecimiento, deba tramitar su Licencia Ambiental Única para el Distrito Federal.

De inicio nos indica, se presume que todas aquellas actividades riesgosas que operan en la ciudad, están en lugares estratégicos y en donde el uso de suelo lo permite, que no dañan la salud en general tanto en factores bióticos como abióticos. Quienes se dediquen a estas actividades tendrán el deber de contar con materiales para la prevención y control de contaminación, artículo 178, 180.

permisos y autorizaciones referidos en la normatividad ambiental. Fuente: http://www.tramites.cdmx.gob.mx/tramites_servicios/muestraInfo/142

¹²⁰ Actividad riesgosa: toda acción u omisión que ponga en peligro la integridad de las personas o del ambiente, en virtud de la naturaleza, características o volumen de los materiales o residuos que se manejen, de conformidad con las normas oficiales mexicanas, los criterios o listados en materia ambiental que publiquen las autoridades competentes en el Diario Oficial de la Federación y la Gaceta Oficial del Distrito Federal. Artículo 5 de la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal.

Es importante para nuestro porque las actividades industriales trabajan en sus procesos con sustancias tóxicas, contaminantes, riesgosas y todos los desechos de agua se vierten.

- Prestadores de servicios ambientales¹²¹

Deben de ser personas respetuosas con la vida, conscientes del vital e importante desempeño en su labor, estas personas además de ser burócratas, tienen que comprometerse con su labor.

ARTÍCULO 188.- Los prestadores de servicios de impacto ambiental son responsables de la calidad, contenido y veracidad de la información, así como del nivel profesional de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental en cualquiera de sus modalidades, estudios de riesgo, estudios de daño ambiental, evaluaciones ambientales estratégicas, declaratorias de cumplimiento ambiental, informes de cumplimiento de condicionantes y/o de disposiciones ambientales que elaboren, y deberán recomendar a los promoventes sobre la adecuada realización de las medidas de mitigación y compensación derivadas de los estudios y la autorización. En caso de incumplimiento a lo establecido en el presente artículo, se aplicarán las sanciones dispuestas en la presente Ley y en los demás otros ordenamientos aplicables.

Serán acreedores de sanciones cuando en su desempeño se conduzcan con falta de técnica, ética, dolo, mala fe, falsedad, Artículo 190 Ter, tampoco podrán interferir en aquellos asuntos al conocer o tener relaciones de parentesco o negocios, artículo 190.

¹²¹ Prestadores de servicios ambientales: Prestador de servicios de impacto ambiental es la persona que elabora informes preventivos, manifestaciones o estudios de impacto ambiental o de riesgo por cuenta propia o de terceros y que es responsable del contenido de los mismos. Los Prestadores de servicios de impacto ambiental y riesgo: La persona física o moral que elabora informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental, estudios de riesgo, daño ambiental, evaluaciones ambientales estratégicas, declaratorias de cumplimiento ambiental, informes de cumplimiento de condicionantes y/o de disposiciones ambientales. Artículo 5 de la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal.

Por lo menos la buena intención está en el derecho objetivo. Ahora en la aplicación, estas personas que desempeñan tan importante cargo, tendrán que acreditarse o certificarse para prestar sus servicios, artículo 189.

Los laboratorios ambientales son también servidores ambientales puesto que son los encargados de analizar los "...contaminantes desprendidos y comprendidos en el aire, agua, suelo, subsuelo, materiales o residuos, de conformidad con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización...", artículo 200.

En el Título Séptimo Medidas de Control, de Seguridad y Sanciones, Capítulo I Disposiciones Generales, Capítulo II De la Inspección y Vigilancia, encontramos las disposiciones relativas al procedimiento que llevan a cabo las autoridades ambientales en cuanto a la comprobación del cumplimiento de los reglamentos, decretos, normas ambientales, acuerdos. "Los procedimientos en materia de inspección y vigilancia ambiental estarán sujetos a los principios de prevención de daños ocasionados al ambiente y sus elementos", artículo 201.

2.2.4 Ley de Salud del Distrito Federal

Legislación publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 17 de septiembre de 2009. El primer Título son Fundamentos y Conceptos básicos, destacamos del Capítulo I Disposiciones iniciales que:

El objeto es "...regular las bases y modalidades para garantizar el acceso a los servicios de salud...", artículo 1. Todos los habitantes de la ciudad tenemos derecho a la protección de la salud, artículo 2, tal cual derecho consagrado en la Constitución; este derecho consta de finalidades y servicios básicos:

Artículo 4.- Para los efectos de la presente Ley, el derecho a la protección a la salud tiene las siguientes finalidades:

...

- II. La prolongación y mejoramiento de la calidad de la vida humana;
- VIII. La garantía de seguridad sanitaria a sus habitantes.

Las autoridades sanitarias son el Jefe de Gobierno del Distrito Federal, el titular de la Secretaría de Salud del Poder Ejecutivo Federal, el titular de la Secretaría de Salud del Distrito Federal y el titular de la Agencia de Protección Sanitaria del Distrito Federal, artículo 7. En el Capítulo Tercero se desarrollarán las atribuciones de las autoridades sanitarias en materia de aguas residuales.

El segundo párrafo del Artículo 10, expresamente dice:

Artículo 10.- La prestación y verificación de los servicios de salud, se realizarán atendiendo lo dispuesto en las Normas Oficiales Mexicanas y demás instrumentos jurídicos aplicables. El Gobierno podrá emitir disposiciones y lineamientos técnicos locales, entendidas como reglas y disposiciones científicas o tecnológicas de carácter obligatorio en el que se definen los requisitos que deben satisfacerse para el desarrollo de actividades en materia de las atribuciones de salubridad general, salubridad local, así como regulación y control sanitario, con el objeto de unificar, precisar y establecer principios, criterios, políticas y estrategias de salud.

Nos señala que existe la facultad para determinar “reglas” y contrarrestar la contaminación en las descargas de aguas residuales, facultad que hasta el momento no la han hecho valer, puesto que el tratamiento de los vertidos es insuficiente y esta información y gráficas las encontramos en el Sistema Nacional de Información del Agua.

Forma parte integrante del cuidado del medio ambiente:

- La participación de todos en la colaboración de la prevención y control de los problemas ambientales vinculados a la salud, artículo 13, porque como ya vimos en el Capítulo Primero de nuestra tesis, la salud humana está vinculada a la contaminación ambiental, en nuestro caso, a la contaminación del agua, que trae aparejado enfermedades infecciosas y no infecciosas, riesgos sanitarios, perjudicando la salud de todo ser vivo.
- Es importante conocer que “Se concede acción popular para denunciar ante las autoridades sanitarias todo hecho, acto u omisión que represente un

riesgo o provoque un daño a la salud de la población”, artículo 14, a su vez, las autoridades competentes a través del Sistema de Salud, tienen que prestar eficientemente los servicios de salubridad, acciones de regulación y control sanitario, artículo 15, fracción IV, IX.

- Conocer los efectos del Medio Ambiente en la Salud, esto es, que es prioritaria la protección de la salud de las personas en riesgo o daño por efectos ambientales. Al Gobierno le corresponde: vigilar y certificar la calidad del agua para uso y consumo humano; Disponer y verificar que se cuente con información toxicológica actualizada, en la que se establezcan las medidas de respuesta al impacto en la salud originado por el uso o exposición de sustancias tóxicas o peligrosas que puedan encontrarse en el aire, agua y subsuelo; Establecer, en el ámbito de sus facultades, medidas de seguridad sanitaria para prevenir, controlar, atender y, en su caso, revertir daños a la salud humana por efectos ambientales, artículos 77 y 78, fracciones I, III, V.
- Las Autorizaciones, Artículo 112-129:

Artículo 112.- La autorización sanitaria es el acto administrativo mediante el cual el Gobierno, a través de la Agencia, permite la realización de actividades que puedan representar un daño o riesgo para la salud humana, en los casos y con los requisitos y modalidades que determine esta Ley y los instrumentos jurídicos aplicables. Las autorizaciones sanitarias tendrán el carácter de licencias, permisos o tarjetas de control sanitario.
- La Vigilancia Sanitaria y Medidas de Seguridad, les corresponde a las autoridades sanitarias el cumplimiento y vigilancia de las normas sanitarias, el procedimiento de estas está en los artículos 133 al 146.
- El Agua potable y Alcantarillado tiene un apartado, el Capítulo XIV, de los artículos 176 al 183, resaltando que: le “Corresponde al Gobierno, aprobar los proyectos y sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado...”; “En las áreas del Distrito Federal en que se carezca del sistema de agua potable y alcantarillado, deberán protegerse las fuentes de

abastecimiento para prevenir su contaminación, conforme a las normas oficiales mexicanas...”; “...queda estrictamente prohibido... la descarga de aguas residuales o de contaminantes en cualquier cuerpo de agua superficial o subterráneo, cuando éstas se destinen para el uso o consumo humano; que los desechos o líquidos que conduzcan los caños sean vertidos en ríos, arroyos, acueductos, corrientes o canales por donde fluyan aguas destinadas al consumo humano, en todo caso deberán ser tratados y cumplir con las disposiciones legales en materia de contaminación, y realizar cualquier acción que contamine en cualquier grado o circunstancia el agua destinada al uso o consumo humano.”

2.2.5 Ley del Derecho a los Servicios Públicos de Agua Potable, Drenaje, Alcantarillado y Tecnología Hídrica de la Ciudad de México

La Ley del Derecho a los Servicios Públicos de Agua Potable, Drenaje, Alcantarillado y Tecnología Hídrica de la Ciudad de México, se publicó en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México el 27 de mayo de 2003. Se integra por 147 artículos en nueve Títulos.

El objeto de la ley lo encontramos en el artículo 1, regular la gestión integral de los recursos hídricos y la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, tratamiento y reúso de aguas residuales.

Primero debemos conocer cuáles con las aguas de jurisdicción de la ciudad:

Artículo 93.- Son aguas de jurisdicción del Distrito Federal, aquellas que se localicen en dos o más predios y que conforme al párrafo quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, reúnan las características de no ser consideradas de propiedad de la Nación y, en su caso, estén asignadas al gobierno del Distrito Federal por la federación.

La jurisdicción del Distrito Federal de las aguas a que se refiere el párrafo anterior, subsistirá aún cuando las aguas no cuenten con la declaratoria respectiva emitida por el Jefe del Gobierno del Distrito Federal, asimismo subsistirá la propiedad de esas aguas, cuando mediante la construcción de obras, sean desviadas del cauce o vasos originales, o se impida su afluencia a ellos. Las aguas residuales

provenientes del uso de las aguas de jurisdicción estatal que converjan al territorio del Distrito Federal tendrán el mismo carácter, siempre y cuando hayan sido asignadas por la federación.

Artículo 94.- El Jefe del Gobierno del Distrito Federal, a través de la Secretaría, normará la explotación, uso, aprovechamiento, distribución y control de las aguas asignadas o de jurisdicción del Distrito Federal, en los términos de la presente Ley y su Reglamento.

La explotación, uso o aprovechamiento de las aguas asignadas y/o de jurisdicción del Distrito Federal, así como sus bienes inherentes, motivará por parte del usuario el pago de derechos que establezca el Código Financiero del Distrito Federal.

El artículo 3, declara de utilidad pública el mantenimiento, rehabilitación, construcción, operación y ampliación de las obras de abastecimiento de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

Relacionado a nuestro tema de investigación tenemos que los principios que regirán para la formulación, ejecución y vigilancia de la política de gestión integral de los recursos hídricos, son los citados en el artículo 6:

Artículo 6º. En la formulación, ejecución y vigilancia de la política de gestión integral de los recursos hídricos, las autoridades competentes observarán los siguientes principios:

I. El agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el ambiente;

II. El agua es un bien social, cultural, ambiental y económico;

III. El agua requerida para uso doméstico y personal debe ser salubre, libre de microorganismos patógenos, sustancias químicas y peligros radiológicos que constituyan riesgo a la salud humana. En consecuencia, el agua debe contener un sabor, olor y color aceptable para cada uso;

...

V. El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de la toma de decisiones;

VI. El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y los servicios hidráulicos deben pagarse por su prestación de acuerdo a las disposiciones legales aplicables;

VII. Toda persona tiene el derecho de recibir y acceder a la información relacionada con la gestión de los recursos hídricos y la prestación de los servicios hidráulicos;

...

XII. La consideración de los atributos de accesibilidad, equidad, sustentabilidad y eficiencia económica para las presentes y futuras generaciones que reduzcan el agotamiento de estos recursos y la contaminación de los cuerpos de agua y los ecosistemas; y

XIII. La adopción de medidas para el monitoreo y control de los recursos hídricos y sistemas de ahorro en el bombeo, para el establecimiento de indicadores de sustentabilidad, para la evaluación de los impactos de acciones sobre la disponibilidad del agua; para el incremento del uso eficiente de los recursos hídricos por los usuarios, la reducción de la pérdida del agua en su distribución; para la evaluación y atención de deficiencias en la operación de los sistemas de la red de distribución de agua y para el establecimiento de mecanismos de respuesta a situaciones de emergencia.

De los principios se desprende que se reconoce que el agua es un recurso que se debe cuidar y dar la importancia necesaria para evitar los malos usos, que sin el agua simplemente no hay vida y, si está contaminada, la calidad de vida de todas las formas de vida se deteriora.

La competencia le corresponde al Sistema de Aguas de la Ciudad de México y a la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México.

Empecemos con el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, están mencionados en los artículos 7 al 14. La naturaleza jurídica del Sistema de Aguas es el siguiente:

Artículo 7.- El Sistema de Aguas de la Ciudad de México es un Órgano Desconcentrado de la Administración Pública del Distrito Federal, adscrito a la Secretaría del Medio Ambiente, cuyo objeto principal es la operación de la infraestructura hidráulica y la prestación del servicio público de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales, que fungirá como auxiliar de la Secretaría de Finanzas en materia de servicios hidráulicos conforme a lo dispuesto en el Código Financiero del Distrito Federal.

El ejercicio de las facultades que esta Ley confiere al Sistema de Aguas de la Ciudad de México, es sin menoscabo de que puedan ser ejercidas directamente por la Secretaría.

Artículo 8.- El Sistema de Aguas contará con un Consejo Directivo, así como con la estructura administrativa que requiera la atención adecuada de sus funciones y que le sea autorizada en los términos del Reglamento Interior de la Administración Pública de Distrito Federal.

Artículo 16.- Corresponde al Sistema de Aguas el ejercicio de las siguientes facultades:

I. Elaborar, ejecutar, evaluar y vigilar el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, como instrumento rector de la política hídrica;

II. Planear, organizar, controlar y prestar los servicios hidráulicos, y los procesos de tratamiento y reúso de aguas residuales coordinándose en su caso con las delegaciones.;

...

IV. Opinar y participar sobre los criterios que la Secretaría incluya en las normas ambientales para el Distrito Federal en materia de manejo integral de los recursos hídricos, de prestación de servicios hidráulicos y el tratamiento y reúso de aguas residuales;

V. Coadyuvar con la Secretaría de Salud en la medición y control de las condiciones y de la calidad del agua potable abastecida en el Distrito Federal;

...

VII. Ordenar el tratamiento obligatorio de aguas residuales y el manejo de lodos a las personas físicas o morales que utilicen y contaminen el agua con motivo de los procesos industriales, comerciales o de servicios que realicen;

...

XI. Vigilar la aplicación de políticas de extracción de las fuentes de abastecimiento y recarga de acuíferos, así como del uso y explotación de pozos particulares, expedidas por la autoridad competente;

...

XV. Promover la sustitución del agua potable por agua tratada en cualquier actividad incluyendo la agropecuaria;

...

XVII. Ejecutar programas urbanos de drenaje y evacuación de las aguas pluviales;

XVIII. Proyectar, ejecutar y supervisar las obras hidráulicas necesarias, así como controlar las inundaciones, los hundimientos y movimientos de suelo cuando su origen sea hidráulico;

...

XX. Construir en las zonas de reserva ecológica, áreas verdes, represas, ollas de agua, lagunas de infiltración, pozos de absorción y otras obras necesarias para la captación de aguas pluviales, con el fin de incrementar los niveles de agua de los mantos freáticos, en coordinación con la Comisión Nacional del Agua;

...

XXI. Realizar las acciones necesarias que eviten el azolve de la red de alcantarillado y rescatar, sanear, proteger y construir las instalaciones para aprovechar las aguas de los manantiales y pluviales que circulan por barrancas y cauces naturales;

...

XXV. Fomentar opciones tecnológicas alternas de abastecimiento de agua y saneamiento, así como la investigación, desarrollo y aplicación de tecnologías, equipos, sistemas y procesos para el manejo integral de los recursos hídricos;

XXVI. Promover la optimización en el consumo del agua, la implantación y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, su reúso, y aprovechamiento de aguas pluviales, así como la restauración y protección de los mantos freáticos;
XXVII. Aplicar las normas ambientales del Distrito Federal y las normas oficiales mexicanas en las materias relacionadas con la presente Ley;
XXVIII. Vigilar el cumplimiento y aplicación de la presente ley, en las materias de su competencia, y aplicar las sanciones y ejercer los actos de autoridad en la materia que no estén reservados al Jefe de Gobierno del Distrito Federal; y
XXIX. Las demás que le confieran esta Ley, su reglamento y otras disposiciones legales aplicables.

A la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México, le corresponde:

Artículo 15. Corresponde a la Secretaría el ejercicio de las siguientes facultades:

I. Integrar a la política ambiental las disposiciones que esta Ley establece en materia de conservación y aprovechamiento sustentable del agua, así como de la prevención y control de la contaminación del agua, y su aplicación;

II. Proteger las cuencas fluviales del agotamiento y degradación de sus suelos y cubierta forestal, así como de actividades perjudiciales que incluyan en sus cauces;

II. BIS. Instalar y operar sistemas de captación y reutilización del agua pluvial, en edificios públicos, en las Unidades Habitacionales y en las Colonias de la Ciudad de México, en donde no haya abastecimiento continuo o no exista la red de agua potable.

...

IV. Establecer y operar sistemas de monitoreo de la calidad del agua en la Ciudad de México;

V. Fomentar las mejores prácticas posibles para el uso de productos agroquímicos con miras a reducir al mínimo sus efectos en los recursos hídricos;

...

VI. Emitir las normas ambientales para la Ciudad de México, con relación al manejo integral de los recursos hídricos, la prestación de servicios del agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales, con base en lo establecido en la Ley Ambiental;

VII. Coordinar y vigilar el registro de descargas de aguas residuales de fuentes fijas que se vierten a los sistemas de drenaje y alcantarillado y demás cuerpos receptores en la Ciudad de México;

VIII. Establecer y actualizar el registro de descargas de aguas residuales que se viertan en el sistema de drenaje y alcantarillado o a cuerpos receptores en la Ciudad de México; y

IX. Conducir la política relacionada con la construcción de obras hidráulicas.

X. Otorgar concesiones para la realización.

XI. La atención de los demás asuntos que le conceda esta Ley y otros ordenamientos en concordancia con ella y que no estén expresamente atribuidos a la federación o a otras dependencias o entidades de la Administración Pública la Ciudad de México.

A la Procuraduría Ambiental le corresponde la atención de las denuncias ciudadanas que le presenten por violación o incumplimiento de las disposiciones de la presente ley.

En el artículo 18 están las facultades de las alcaldías, en donde destacamos el de ejecutar los programas delegacionales de obras para el abastecimiento de agua potable y servicio de drenaje y alcantarillado a partir de redes secundarias, conforme a la autorización y normas que al efecto expida el Sistema de Aguas; prestar en su demarcación territorial los servicios de suministro de agua potable y alcantarillado que mediante acuerdo le otorgue el Sistema de Aguas y dar mantenimiento preventivo y correctivo a las redes secundarias de agua potable, drenaje y alcantarillado, conforme a la autorización y normas que al efecto expida el Sistema de Aguas, así como coadyuvar en la reparación de fugas.

La política de gestión integral de los recursos hídricos en la ciudad se entiende según el artículo 20 “como el proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, suelo y recursos relacionados, de manera que maximice el bienestar social, económico y ambiental resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas.” Dentro de este proceso tenemos que, en el mismo artículo, en la fracción III, habrá “definición de políticas para la administración y la gestión integral de los recursos hídricos, considerando las disposiciones contenidas en esta Ley, en materia de planeación, estudio, proyección, mantenimiento, rehabilitación, construcción, operación y ampliación de obras de abastecimiento de agua potable, pluvial, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales y su reúso, destinadas al consumo, uso humano con fines domésticos, urbano, comercial, industrial o de cualquier otro uso”. Se considera ya fundamental e importante el tratamiento de las descargas de aguas residuales.

De los instrumentos de política:

Artículo 22.- La planeación de los recursos hídricos y los servicios hidráulicos en el Distrito Federal se compondrá de:

- I. La integración, depuración, actualización y difusión de la información básica sobre la gestión de los recursos hídricos y los servicios hidráulicos;
- II. La realización de estudios que permitan complementar y actualizar el acervo documental relativo a la disponibilidad, calidad y demanda del agua en el Distrito Federal;
- III. El Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos;
- IV. Los Programas de Prestación de Servicios de Agua Potable, Drenaje, Alcantarillado y de Tratamiento de Aguas Residuales y su Reuso;
- V. La programación y evaluación anual del cumplimiento de metas y del impacto de los planes, programas, políticas y acciones en materia hidráulica en el Distrito Federal; y
- VI. La adecuación necesaria de las acciones, proyectos, políticas y subprogramas considerados en los programas a que esta Ley hace referencia, con base en la evaluación permanente y sistemática.

Para dar cumplimiento a los instrumentos de política antes presentados, la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad, formulará, evaluará y vigilará el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, mismo que contendrá los lineamientos, acciones y metas en materia de manejo integral de dichos recursos y la prestación de los servicios hidráulicos, así se encuentra en el artículo 23, una de sus acciones por ejemplo, es la fracción XI, plantear bases y principios para la elaboración de los programas de prestación de servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como de tratamiento de aguas residuales y su reúso.

El Título Cuarto le corresponde a la conservación, aprovechamiento, prevención y control de la contaminación del agua, los artículos respectivos son los del 33 al 49. La Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad será la encargada de formular, evaluar y vigilar el Programa de Gestión integral de los Recursos Hídricos, con la finalidad de conservar y aprovechar sustentablemente estos recursos, así como para prevenir y controlar la contaminación, además de considerar criterios establecidos en la ley, como lo es: fracción II, la población debe reusar, en tanto sea posible, el agua de uso doméstico que utilice; fracción III, los residuos sólidos o líquidos producto de procesos industriales u otros análogos, que se eliminen por la

red de drenaje o sean vertidos en ríos, manantiales, arroyos, acueductos, corrientes o canales, no podrán verterse sin ser previamente tratadas y cumplir con las normas oficiales mexicanas y disposiciones ambientales que al efecto expida la Secretaría; fracción IV, en las barrancas y cauces naturales de aguas pluviales o de manantial cercanos a zonas habitacionales, el Sistema de Aguas deberá construir a ambos lados del cauce, un sistema de drenaje para evitar que se contaminen con aguas residuales.

Es también responsabilidad de todos hacer un consumo responsable del recurso hídrico, sin desperdiciar, son algunas de las acciones que los usuarios tendríamos que tener, están establecidas en el artículo 35, se menciona en la fracción XII, se deberá utilizar agua residual tratada producida en las plantas de tratamiento, libre de compuestos tóxicos y orgánicos patógenos que pongan en peligro la salud, en: a) Los usuarios domésticos, establecimientos mercantiles, industriales, comerciales, de servicios, de recreación y centros comerciales que ocupen una superficie de 2,500 metros cuadrados en adelante, en sus actividades de limpieza de instalaciones, parque vehicular y áreas verdes; b) Las industrias ubicadas en el Distrito Federal que en todos sus procesos productivos no requieran necesariamente de agua potable, así como en las actividades mencionadas en la fracción anterior; c) Las obras en construcción mayores de 2,500 metros cuadrados, así como en terracerías y compactación de suelos; y d) Los establecimientos dedicados al lavado de autos; y la fracción XIII, el uso del agua para actividades humanas deberá realizarse de forma tal que se emplee únicamente en las cantidades estrictamente indispensables para cumplir con los objetivos a que se destina.

Otro punto importante es que esta ley considera el incremento de los niveles de los mantos freáticos:

Artículo 36.- Con el fin de incrementar los niveles de agua de los mantos freáticos, el Sistema de Aguas:

I. Construirá en las zonas de reserva ecológica y áreas verdes del Distrito Federal, tinas ciegas, represas, ollas de agua, lagunas de infiltración, pozos de absorción y

otras obras necesarias para la captación de aguas pluviales, en sitios propicios y preferentemente en zonas de alta permeabilidad, de acuerdo a su viabilidad técnica

II. Realizar las acciones necesarias para evitar el azolve de la red de drenaje por materiales arrastrados por el deslave de barrancas y cauces naturales. Asimismo, deberá rescatar, sanear, proteger y construir las instalaciones necesarias para aprovechar las aguas de los manantiales y las pluviales que circulan por barrancas y cauces naturales;

III. Para la recarga de mantos freáticos deberán preferirse las aguas pluviales debidamente filtradas. Las aguas residuales tratadas que se usen para la recarga de acuíferos, deberán cumplir en todo momento con las normas oficiales mexicanas y las normas ambientales para el Distrito Federal;

IV. Será responsable de promover en las zonas urbanas y rurales, la captación, almacenamiento y uso eficiente del agua pluvial como recurso alternativo, desarrollando programas regionales de orientación y uso de este recurso; y

V. Vigilar que no se desperdicie el agua en obras nuevas a cargo de empresas constructoras, ya se trate de vivienda en conjuntos habitacionales, o la construcción de espacios destinados a actividades agropecuarias, industriales, comerciales y de servicios.

Las aguas pluviales que recolecten los particulares y sean sometidas a procesos de tratamiento o potabilización y que cumplan con las disposiciones de las normas oficiales mexicanas y previa certificación de calidad de la autoridad competente podrán comercializarse atendiendo a lo dispuesto en la legislación aplicable.

En este artículo se toma en consideración el previo tratamiento de las aguas residuales para recarga de mantos freáticos, como hemos visto, se tienen que cumplir con altos estándares de calidad en los procesos de tratamiento para realizar la recarga para que no resulte perjudicial en la calidad de vida de todos los seres vivos.

Con el fin de prevenir la contaminación del agua, en los artículos del 41 al 49, están los deberes del Sistema de aguas:

Artículo 41.- Con el fin de prevenir la contaminación del agua, el Sistema de Aguas, además de considerar las disposiciones contenidas en la Ley Ambiental, deberá:

I. Promover y, en su caso, ejecutar y operar la infraestructura y los servicios necesarios para la prevención y control de la contaminación y el mejoramiento de la calidad del agua en el Distrito Federal;

II. Formular programas integrales de protección de los recursos hídricos, considerando las relaciones existentes entre los usos del suelo y la cantidad y calidad del agua;

III. Vigilar, en coordinación con las demás autoridades competentes, que el agua suministrada para consumo humano cumpla con las normas de calidad correspondientes, y que el uso de las aguas residuales, que en ningún caso podrán ser destinadas al consumo humano, cumpla con las normas de calidad del agua emitidas para tal efecto;

IV. Promover o realizar las medidas necesarias para evitar que los residuos sólidos y materiales y sustancias tóxicas, contaminen las aguas superficiales o del subsuelo;

V. Llevar a cabo el control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado de la red pública; y

VI. Ejercer directamente las atribuciones que corresponden al Distrito Federal en materia de prevención y control de la contaminación del agua en los términos de la Ley Ambiental.

Artículo 42.- El Sistema de Aguas, con el apoyo de las delegaciones en el ámbito de su competencia, implementarán el establecimiento de procesos de potabilización, de tratamiento de aguas residuales y de manejo y disposición de los lodos, así como el fomento de instalaciones alternas que sustituyan al drenaje sanitario, cuando éste no pueda construirse, así como la realización de las acciones para mantener un adecuado nivel de calidad de las aguas.

Para los efectos de este artículo el Sistema de Aguas, observando lo dispuesto en las Leyes de Aguas Nacionales, General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Ley Ambiental, realizará las siguientes acciones:

I. Otorgar los permisos de descarga de aguas residuales en los sistemas de drenaje respectivos, a las personas físicas o morales que por el uso o aprovechamiento de agua en actividades productivas contaminen el recurso;

II. Implementar acciones a los que utilicen y contaminen los recursos hidráulicos del Distrito Federal con motivo de su operación o durante sus procesos productivos, mediante el tratamiento de aguas residuales y el manejo y disposición de los lodos producto de dicho tratamiento en los términos de esta Ley, antes de su descarga al drenaje o a cuerpos y corrientes de agua;

III. Determinar cuáles usuarios están obligados a construir y operar plantas de tratamiento y pretratamiento de aguas residuales, manejo y disposición de lodos, en los términos de esta Ley y su Reglamento, y fomentar la operación de plantas que puedan dar servicio a varios usuarios;

IV. Aplicar las sanciones y las multas que deberán cubrir los usuarios que realizan actividades susceptibles de crear contaminación del agua o generar aguas residuales al hacer sus descargas en el servicio de drenaje que utilizan sin el tratamiento de aguas residuales de origen urbano, que se debe efectuar conforme a ésta Ley, antes de su descarga a las redes del Distrito Federal; y

V. Vigilar y promover la aplicación de las disposiciones y Normas Oficiales Mexicanas sobre el equilibrio y protección al ambiente, en materia de prevención y control de la contaminación de agua en los ecosistemas acuáticos, así como la potabilización de agua, principalmente para uso doméstico y público–urbano.

Artículo 43.- Los usuarios de los servicios de agua potable y drenaje deberán tener el permiso que señala la fracción I del artículo anterior, para poder efectuar la descarga de aguas residuales a los sistemas de drenaje.

Artículo 44.- Las normas ambientales determinarán los parámetros que deberán cumplir las descargas, la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas del Distrito Federal y las descargas de contaminantes que estos pueden recibir, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzarlas.

Artículo 45.- Los usuarios no domésticos de servicios hidráulicos requerirán del permiso del Sistema de Aguas para descargar en forma permanente, intermitente o fortuitas aguas residuales en los cuerpos receptores de drenaje del Distrito Federal en los términos que señale la presente Ley y su Reglamento.

Cuando el vertido o descarga de las aguas residuales afecten o puedan afectar fuentes de abastecimiento de agua potable o a la salud pública, el Sistema de Aguas comunicará de inmediato a la autoridad competente y, en el caso de los cuerpos receptores de drenaje del Distrito Federal, suspenderá el suministro de agua que da origen a la descarga.

Artículo 46.- Cuando la paralización de una planta de tratamiento de aguas residuales pueda ocasionar graves perjuicios a la salud o la seguridad de la población o graves daños al ecosistema, el Sistema de Aguas ordenará la suspensión de las actividades que originen la descarga.

Artículo 47.- En caso de manejo y aplicación de sustancias que puedan contaminar las aguas que administra el Sistema de Aguas, superficiales o del subsuelo, deberán cumplir las normas, condiciones y disposiciones que se desprendan de la presente Ley y su Reglamento, así como de la legislación federal aplicable.

Artículo 48.- El Sistema de Aguas suspenderá la descarga de aguas residuales al alcantarillado o a cuerpos receptores cuando:

- I. No se cuente con el permiso de descarga de aguas residuales;
- II. La calidad de las descargas no se ajuste a las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, a las condiciones particulares de descarga o a lo dispuesto en esta Ley y su Reglamento;
- III. Se deje de pagar las contribuciones fiscales correspondientes; o
- IV. El responsable de la descarga utilice el proceso de dilución de las aguas residuales, para pretender cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas respectivas o las condiciones particulares de descarga.

La suspensión será sin perjuicio de la responsabilidad civil, penal o administrativa que resulte, prevista en otros ordenamientos legales.

Cuando exista riesgo de daño o peligro para la población o los ecosistemas, el Sistema de Aguas aplicará las medidas de seguridad que establece ésta Ley, y

demás disposiciones legales aplicables; y llevará acabo las acciones y obras necesarias, con cargo a los usuarios o responsables.

Artículo 49.- Son causas de revocación del permiso de descarga de aguas residuales:

I. Efectuar la descarga en un lugar distinto al señalado en el permiso;

II. Realizar los actos u omisiones que se señalan en las fracciones II y IV del artículo precedente, cuando el Sistema de Aguas con anterioridad hubiere suspendido las actividades de lo señalado en el permiso por la misma causa, y

III. Por incumplimiento de las condiciones del permiso.

El Sistema de Aguas, previamente a la revocación, dará el derecho de audiencia al usuario, dictará y notificará la resolución respectiva, la cual deberá estar debidamente fundada y motivada.

Son medidas y requisitos mínimos que se tienen que cumplir, sin dar la opción de acatar los lineamientos que son precisos para que se haga un uso responsable, al fin o al regreso del ciclo del agua, se nos regresa.

En cuanto a la prestación de servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales y reúso, estará a cargo del Jefe de Gobierno de la Ciudad, a través del Sistema de Aguas, quedando así en el artículo 50.

De los artículos del 71 al 76, se refieren al servicio de drenaje y alcantarillado. El artículo 71 señala que, “para la prestación del servicio, el Sistema de Aguas y las Alcandías regularán y controlarán las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje, los cuales comprenden el drenaje sanitario, pluvial y colectores que integran la red hidráulica de la ciudad. El Sistema de aguas asumirá el control de las descargas de aguas residuales o celebrará el convenio correspondiente con las delegaciones.” Muy importante e interesante es el último párrafo de este artículo: El Sistema de Aguas fomentará el desarrollo de sistemas de drenaje separados para la captación y conducción de aguas pluviales y, de aguas negras y grises.

La regulación del tratamiento de aguas residuales y su reúso están en el artículo 77 al artículo 86 BIS 2:

Artículo 77.- El Sistema de Aguas está facultada para:

- I. Establecer criterios técnicos para el control y la prevención de la contaminación por la descarga de aguas residuales al sistema de drenaje de la Ciudad de México, con base en las normas oficiales mexicanas y las normas ambientales para la Ciudad de México
- II. Ejercer las atribuciones en materia de calidad del agua a través del monitoreo que se lleve a cabo en el Laboratorio Central de Calidad del Agua del sistema hidráulico de la Ciudad de México, en cumplimiento a las normas oficiales mexicanas y a las diversas disposiciones legales;
- III. Ejercer el control electrónico del bombeo en la red de distribución de agua que permita reducir el consumo eléctrico.
- IV. Revisar y aprobar los proyectos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales;
- IV.BIS. Revisar y aprobar los proyectos de los sistemas de recolección de aguas pluviales.
- V. Establecer las condiciones específicas de pretratamiento de las descargas no domésticas que lo requieran para la remoción o reducción de concentraciones de determinados contaminantes;
- VI. Otorgar los permisos de descarga de aguas residuales no domésticas al sistema de drenaje;
- VII. Registrar, monitorear y vigilar el cumplimiento de las disposiciones de las Normas Oficiales mexicanas y las disposiciones aplicables de la calidad de las descargas de aguas residuales;
- VIII. Revisar los proyectos de las obras de los sistemas de tratamiento que se pretenden construir por parte de los particulares, que descarguen a los sistemas de drenaje y, en su caso, recomendar las modificaciones que estime convenientes, y
- IX. Las demás que expresamente se le otorguen por esta Ley y su Reglamento.

Artículo 78.- El tratamiento de aguas residuales y su reuso deberá cumplir con las disposiciones contenidas en las Normas Oficiales Mexicanas, las normas ambientales para el Distrito Federal y, en su caso, las condiciones particulares de descarga.

Artículo 79.- El Sistema de Aguas instrumentará lo necesario para que los usuarios no domésticos que descargan sus aguas residuales cumplan con las disposiciones aplicables mediante la construcción de sistemas particulares de tratamiento, y promoverá la construcción y operación de sistemas de tratamientos de aguas residuales con cargo al usuario que incumpla la normatividad y disposiciones legales.

Artículo 80.- El Sistema de Aguas está facultada para supervisar que los proyectos y obras realizadas por los usuarios no domésticos para el tratamiento de aguas residuales que se descarguen en el sistema de drenaje, cumplan con las disposiciones en materia de calidad de las aguas residuales.

Artículo 81.- La Secretaría hará del conocimiento del Sistema de Aguas el inventario de las descargas de aguas residuales no domésticas que se vierten al sistema de drenaje, así como los nuevos permisos que otorgue.

En los sistemas de tratamiento de aguas residuales que se pretendan construir por los usuarios, invariablemente deberán considerar y realizar los proyectos para el manejo y disposición final de lodos, en los términos de las disposiciones legales respectivas. En su caso deberán cubrir el pago correspondiente de acuerdo al contenido de los mismos que determine el Sistema de Aguas.

Artículo 82.- El Jefe del Gobierno del Distrito Federal, a través del Sistema de Aguas, promoverá ante la autoridad federal competente la fijación de parámetros específicos de calidad del agua residual que se descargue a un determinado depósito o corriente de aguas nacionales para efectos de establecer condiciones para su conservación.

De igual manera, en los cuerpos y corrientes que en los términos de las disposiciones legales que queden a cargo de la administración del Sistema de Aguas, ésta promoverá ante el Jefe del Gobierno del Distrito Federal, las reglamentaciones para establecer el control y protección de los cuerpos de agua de conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas y las normas ambientales para el Distrito Federal.

Artículo 83.- Se prohíbe descargar a los sistemas de drenaje, ríos, manantiales, arroyos, corrientes, colectores o canales localizados en el territorio del Distrito Federal, desechos tóxicos, sólidos o líquidos, productos de proceso industrial u otros clasificados como peligrosos conforme a las disposiciones de esta Ley y demás aplicables.

Artículo 84.- El Sistema de Aguas promoverá el reuso de las aguas residuales que se descarguen en el sistema de drenaje o las que resulten de los procesos de tratamiento.

Artículo 85.- El Sistema de Aguas vigilará que el reuso se ajuste a los términos establecidos en las normas oficiales mexicanas, las normas ambientales para el Distrito Federal y las obligaciones contraídas en los títulos otorgados.

Artículo 86.- El Sistema de Aguas promoverá ante los usuarios prioritariamente el desarrollo de la infraestructura que permita el mayor aprovechamiento de las aguas residuales tratadas, siempre que se justifique técnica, económica y ambientalmente.

Artículo 86 BIS. - Será obligatorio para las nuevas construcciones o edificaciones, que cuenten con dispositivos y accesorios hidráulicos y sanitarios que cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas en materia de ahorro del agua.

Artículo 86 BIS 1.- Las nuevas construcciones o edificaciones deberán contar con redes separadas de agua potable, de agua residual tratada y cosecha de agua de lluvia, debiéndose utilizar esta última en todos aquellos usos que no requieran agua potable; así mismo, deberán contar con la instalación de sistemas alternativos de uso de agua pluvial.

Las edificaciones existentes que modifiquen sus instalaciones hidráulicas para la reducción en el consumo de agua potable e incrementen la reutilización y tratamiento de la misma obtendrán la certificación de edificación sustentable y tendrán derecho a reducciones fiscales que establezca el Código Financiero del Distrito Federal.

Artículo 86 BIS 2.- Se deberá utilizar agua residual tratada en sus diversos niveles, en los siguientes casos:

- I. Servicios públicos: para el riego de áreas verdes, llenado de canales y de lagos recreativos;
- II. Abrevaderos y vida silvestre;
- III. Acuacultura;
- IV. Giros mercantiles;
- V. Riego de terrenos de cultivo de forrajes y pastura;
- VI. Riego de terrenos de productos agrícolas que se consumen crudos que no requieren preparación para su consumo. Esta agua deberá estar libre de contaminantes tóxicos y de organismos patógenos;
- VII. Recarga de Acuíferos mediante pozos de inyección o estanques de infiltración, previo cumplimiento de las normas federales y locales de calidad de agua potable y especificaciones que fije la autoridad competente en función del origen de las aguas residuales y del uso potencial del acuífero subterráneo;
- VIII. Riego de terrenos particulares;
- IX. Industrial, con fines de equipamiento, enfriamiento de motores calderas, limpieza de áreas de servicio y utilización en mingitorios y muebles sanitarios;
- X. Limpieza en edificios corporativos y utilización en mingitorios y muebles sanitarios;
- X. Lavado de vehículos automotores;
- XII. En todos aquellos procesos y giros industriales y comerciales que no requieran el uso de agua potable;
- XIII. Limpieza de animales, como caballos, vacas, puercos y las áreas destinadas a su habitación;
- XIV. En la industria, en edificios corporativos, escuelas públicas y privadas y en oficinas públicas y privadas y giros mercantiles: se deberá utilizar agua residual tratada para la limpieza y aseo de áreas de servicios, en mingitorios y muebles sanitarios; y
- XV. En los demás casos previstos en este y en otros ordenamientos.

Con el cumplimiento de estos requisitos para las descargas, desde el otorgamiento de permiso hasta el vertido, con un previo tratamiento para cumplir con los parámetros y limitantes permitidos en contaminantes, se puede realizar el uso responsable y eficaz, si solo si, esté en orden y no haya falsedad de declaración y un uso irracional.

Para dar cumplimiento a las disposiciones de la ley, se realizarán actos de verificación, inspección y vigilancia, regidos en los artículos 105 al 109.

Es fundamental que se tenga normas que regulen el sistema de drenaje, alcantarillado, tratamiento y reuso de las descargas de las aguas residuales, para que comience a cambiar los números porcentuales acerca del tratamiento que se da a las descargas, que en la actualidad es el mínimo, no se trata ni se reusa un 50%, pero si se reúsan sin previo tratamiento para riego, como lo es en el Estado de Hidalgo y Chihuahua por mencionar solo las dos áreas más grandes de riego con aguas negras. Es importante y no olvidar que el agua es el conducto de vida y enfermedades si no se trata correctamente de acuerdo a la fuente y a los contaminantes presentes. Las normas oficiales se tienen que adecuar para no permitir altos índices de contaminantes, los laboratorios certificados tienen que realizar su muestreo veraz y e informar, las autoridades tienen que sancionar jurídicamente y económicamente a todas aquellas personas físicas y morales que incumplan, no hay opción para incumplir.

2.2.6 Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para la Ciudad de México

La Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para la Ciudad de México fue publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 16 de junio de 2011. Se compone de 52 artículos, en seis títulos.

El objeto de la ley se ubica dentro del artículo 2, en el que se redacta que “esta Ley es el establecimiento de políticas públicas que permitan propiciar la mitigación de gases de efecto invernadero, la adaptación al cambio climático, así como el coadyuvar al desarrollo sustentable.”

La materia a tratar esta en el artículo 1, en el que se redacta que este ordenamiento “es de orden público, interés social y de observancia general en la Ciudad de México en materia de mitigación de gases de efecto invernadero, adaptación al cambio climático y desarrollo sustentable. Los objetivos, metas y acciones establecidos en esta ley serán observados en la creación e instrumentación del Plan General de Desarrollo de la Ciudad de México, el Plan Verde, el Programa de Acción Climática y la Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México, y las demás leyes, reglamentos, programas, planes y políticas de la Ciudad de México.

La misma ley en el artículo 3 da definiciones de varios conceptos importantes para la comprensión, como lo son: *Adaptación*: Medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos del cambio climático; *Cambio Climático*: Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables; *Desarrollo Sustentable*: Proceso evaluable mediante criterios e indicadores de caracteres ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas. Esta fundado en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección al ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras; *Degradación*: Reducción del contenido de carbono en la vegetación natural ecosistemas o suelos, producto de la intervención humana, en relación a la misma vegetación ecosistemas o suelos, sin que hubiera existido dicha intervención; *Emisiones*: La liberación a la atmósfera de Gases Efecto Invernadero y otros Compuestos con Efecto Invernadero originados por actividades humanas; *Plan Verde de la Ciudad de*

México: Ruta del Gobierno del Distrito Federal, que contiene las estrategias y acciones para encaminar a la Ciudad de México hacia la sustentabilidad de su desarrollo; *Programa de Acción Climática*: de la Ciudad de México. Integrar, coordinar e impulsar acciones públicas en la Ciudad de México para disminuir los riesgos ambientales, sociales y económicos derivados del cambio climático y promover el bienestar de la población mediante la reducción de emisiones y la captura de gases de efecto invernadero; *Programa de Alcaldía*: Programa por demarcación de acción ante el cambio climático, documento que establece las estrategias, políticas directrices y tácticas en tiempo y espacio, así como en los instrumentos, mecanismos y acciones relacionadas al cambio climático en la demarcación territorial que corresponda. Por mencionar algunos.

El Título segundo corresponde a las autoridades, actuarán como se menciona en el artículo 5, serán competentes y ejercerán sus atribuciones con distribución de facultades, el Jefe de Gobierno de la Ciudad, la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México, la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad, las Alcaldías y la Comisión Interinstitucional.

Las facultades del Jefe de Gobierno están en el artículo 7, la fracción V, corresponde para formular, regular, instrumentar y controlar las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con esta ley y otros ordenamientos aplicables en materia de agua; fracción VII, expedir las Normas Técnicas y Ambientales y la vigilancia de su cumplimiento en las materias previstas en esta Ley; fracción VIII, fomentar la investigación científica, desarrollar y transferir tecnologías, para reducir la vulnerabilidad del cambio climático.

Corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México, como lo establece el artículo 8, fracción VI, vigilar el cumplimiento del Programa de Acción Climática de la Ciudad de México, el Plan Verde y la estrategia Local; fracción VIII, elaborar, definir y publicar las normas en materia de esta Ley; fracción XV, promover el desarrollo de proyectos de investigación de interés con el cambio climático.

En el artículo 9 se redacta que le corresponde a la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad, atender las denuncias ciudadanas que cualquier persona presente por violaciones o incumplimiento a las disposiciones de esta Ley.

Para las Alcaldías, se menciona en el artículo 10, que implementarán en su demarcación las acciones contempladas, realizarán acciones para la adaptación al cambio climático y la mitigación de gases de efecto invernadero.

Las facultades de la Comisión Interinstitucional de Cambio Climático de la Ciudad, están en el artículo 11, serán entre otras, la de formular, impulsar y coordinar políticas para hacer frente a los efectos de cambio climático en la Ciudad de México; diseñar y elaborar el Plan de Acción Climática de la Ciudad de México, así como los Programas de Acción Climática subsecuentes; diseñar y coordinar estrategias de difusión en materia de cambio climático, para la sociedad en general.

Todas las acciones que lleven a cabo las autoridades serán en coordinación entre ellas y con las entidades federativas y el gobierno federal.

Estas acciones coordinadas están contempladas en el Título Tercero De las Acciones de Coordinación, el Capítulo Primero es con entidades federativas y el gobierno federal, los artículos correspondientes son el 16, 17 y 18, se establece que se estará sujeto a lo dispuesto por la Ley Orgánica de la Administración Pública de la Ciudad de México y su Reglamento. Para firmar acuerdos y participar de los recursos del Fondo Ambiental para el cambio climático, se necesita que las Alcaldías cuenten con Programas de Acción Climática, aportaciones económicas propias, mecanismos de transparencia en el manejo de recursos.

El siguiente Título Cuarto Políticas Públicas ante el Cambio Climático, el primer Capítulo Generalidades, y en los artículos 19, 20 y 21, se indica que, para cumplir con los objetivos y metas de adaptación y mitigación, se tomarán en cuenta las

evaluaciones de impacto económico, la inserción de costos ambientales que no estén considerados, los atlas de riesgo y demás estudios que ayuden a disminuir la huella ecológica.

El Capítulo II Políticas de Mitigación y Adaptación, del artículo 22 al 24, se indica que se deberá considerar a sectores para las directrices a seguir, como lo son, el fomento a la creación de sitios de adsorción de bióxido de carbono; la prevención y aumento de los sumideros de carbono; la procuración de un mejor manejo de residuos sólidos; en los centros urbanos se pretende fomentar, entre otros aspectos, que las edificaciones seas sustentables, con captación de agua pluvial, reúso y descarga de aguas residuales; preservación y aprovechamiento de recursos hídricos, así como la recarga de mantos acuíferos; la ejecución de sistemas de captación y recargas de agua pluviales al subsuelo, mediante la colocación de zanjas de absorción o cualquier otra tecnología que permita la infiltración al subsuelo; las nuevas construcciones o edificaciones deberán contar con redes separadas de agua potable, de agua residual tratada y cosecha de agua de lluvia, debiéndose utilizar esta última en todos los usos que no requieran agua potable; la adopción de medidas para el monitoreo y evaluación de los recursos hídricos y sistemas de bombeo, para el establecimiento de indicadores de sustentabilidad.

Pasamos al Título Quinto De las Normas Técnicas y Ambientales, en los artículos 35 y 36. La Secretaría de Medio Ambiente de la ciudad establecerá los requisitos, criterios, especificaciones técnicas, parámetros y límites permisibles, mediante la expedición de Normas Técnicas y Ambientales que resulten necesarias para garantizar las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, en la Ciudad de México.

El Fondo Ambiental lo ubicamos en el Capítulo II del Título Quinto, en los artículos 40, 41 y 42. El artículo 41, se enumera para que serán aplicados los recursos del Fondo, por ejemplo, la fracción III dice: proyectos que contribuyan a incrementar y preservar el capital natural, a la adaptación y mitigación al cambio climático, con

acciones que permitan: la conservación del suelo de conservación y de las áreas naturales protegidas; la fracción VII, formulación del atlas de riesgo, pronósticos y escenarios climáticos en la Ciudad de México.

Obviamente la participación de la ciudadanía es fundamental, las acciones colectivas e individuales son parte para llegar a cumplir las metas de la presente ley, esta cooperación está regulada en el Capítulo III, artículos 43 y 44.

La Ley anteriormente expuesta es una primera acción de conciencia jurídica-ambiental, en la cual se expone de manera breve y concisa sobre la importancia de crear y normar acciones para ayudar a mitigar el sobrecalentamiento global, desde la actividad humana hasta poder lograr un equilibrio, se colabora a través de convenios de coordinación con los tres estratos de gobierno para recuperar y preservar los recursos naturales. Para nuestro tema, es importante porque por primera vez se alude a que, en la ciudad, en las nuevas construcciones se edifiquen de manera que se aprovechen los recursos, en el caso del agua, que se aproveche el agua pluvial, que se reúsen las aguas residuales, que el sistema de drenaje sea separado, para evitar que se junten las descargas de distintas fuentes, esto es más complejo, porque la infraestructura del sistema de desagüe de la ciudad es combinado, pero se puede lograr los cambios legales, económicos, sociales y culturales con la participación de todos los que habitamos, para ello es preciso la información, investigación desde distintos ángulos del conocimiento.

2.2.7 Ley de Coordinación Metropolitana de la Ciudad de México

La Ley de Coordinación Metropolitana de la Ciudad de México “es de orden público y de observancia general en la Ciudad de México, y tiene por objeto establecer los lineamientos y bases generales de la planeación estratégica de conformidad con los criterios que establezca el Instituto de Planeación Democrática y Prospectiva de la Ciudad de México para fomentar el desarrollo armónico y sustentable en materia de habitabilidad, movilidad y calidad de vida, a través de una adecuada coordinación

entre los diferentes órdenes de gobierno que interactúan en las áreas metropolitanas de la Ciudad de México y su vinculación con la Zona Metropolitana del Valle de México y la Región Centro del País.”, así está contemplado en el artículo 1; se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 3 de enero de 2008.

Dicho ordenamiento tiene relevancia para nuestro tema por su actuar con los distintos estratos de gobierno, por su objeto de llevar una actividad humana integral con el ambiente, con todos los recursos, porque todas las acciones de todo ser vivo, formamos la cadena de vida. En la Ciudad de México se necesita de convenios de coordinación para la organización, por ejemplo, del desagüe de la ciudad, para el abastecimiento de agua, comida, y demás elementos sustanciales que hacen de la ciudad un lugar competitivo económica y socialmente.

La Ley de Coordinación presenta dieciséis artículos, en el tercer artículo nos dice que el Instituto de Planeación Democrática y prospectiva de la Ciudad de México, será el responsable de la coordinación de los instrumentos de planeación para la Zona Metropolitana del Valle de México. La Secretaría de Gobierno, a través de la Subsecretaría y las Alcaldías, ejecutarán las acciones coordinadas con la Federación, estados y municipios en las zonas conurbadas limítrofes con la Ciudad de México, en los términos que establece la normatividad vigente, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Constitución Política de la Ciudad de México.

Será a cargo del Secretario de Gobierno, como se encuentra en el artículo 4, como parte de sus atribuciones, fracción I, el proponer y promover la suscripción de convenios para la constitución, integración y funcionamiento de las comisiones metropolitanas conjuntamente con las Dependencias y alcaldías y en coordinación con la Federación, los Estados y los Municipios en las materias desarrollo urbano, gestión y protección ambiental, preservación y restauración del equilibrio ecológico, agua potable y drenaje, entre otros; fracción IV, promover acciones de coordinación para que se contribuya a mejorar la prestación de servicios públicos; fracción VIII,

proponer los proyectos de los ordenamientos jurídicos y las modificaciones legales necesarias que contribuyan al cumplimiento de sus atribuciones.

Para que se lleve a cabo la firma de los convenios de coordinación, señala el artículo 5 que, será necesario contar con estudios especializados y avalados por la Secretaría de Gobierno, asimismo, la duración de los mismos se menciona en el artículo 6, tendrá una vigencia de cinco años, con opción a un refrendo.

Las bases para los convenios de coordinación, tendrán que cumplir con los requisitos del artículo 9:

Artículo 9. La Secretaría de Gobierno emitirá, la propuesta de la Subsecretaría, las bases para la celebración de convenios de coordinación metropolitana en la Ciudad de México, conforme a las cuales:

I. Se acuerden los ámbitos territoriales y de funciones respecto a la ejecución y operación de obras, prestación de servicios públicos o realización de acciones en las materias de coordinación metropolitana;

II. Se establezcan las funciones específicas en las materias de coordinación metropolitana, así como la aportación de recursos materiales, humanos y financieros necesarios para su operación; y

III. Se determinen las reglas para la regulación conjunta y coordinada del desarrollo de las zonas conurbadas, prestación de servicios y realización de acciones que acuerden los integrantes de las comisiones. Estas bases serán obligatorias para las dependencias, órganos desconcentrados, entidades y Alcaldías de la administración pública de la Ciudad de México.

El artículo 12 dice:

Artículo 12. Con el fin de lograr el desarrollo armónico y sustentable de las zonas metropolitanas, la Subsecretaría promoverá entre las dependencias, órganos desconcentrados, entidades y alcaldías de la administración pública de la Ciudad de México, la firma de convenios con personas físicas, o personas morales públicas o privadas para el mejor desempeño de sus funciones en materia de coordinación metropolitana.

Lo que nos sugiere que se abre la puerta al conocimiento, a la investigación y tecnología llevada a cabo fuera del gobierno federal o estatal, da la oportunidad de asesorarse de personas que no solo tengan interés en participar en los convenios

de coordinación, sino también, que tengan el conocimiento para ayudar a hacer de la ciudad un lugar habitable y salubre.

2.2.8 Ley de Cultura Cívica de la Ciudad de México

Se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 31 de mayo de 2004. Su objeto "...es establecer las reglas mínimas de comportamiento cívico, garantizar el respeto a las personas, los bienes públicos y privados...", artículo 1. Son valores fundamentales "...la corresponsabilidad entre los habitantes y las autoridades en la conservación del medio ambiente; la autorregulación, sustentada en la capacidad de los habitantes de la Ciudad de México para asumir una actitud de respeto a la normatividad y exigir a los demás y a las autoridades su observancia y cumplimiento; la colaboración como una vertiente del mejoramiento del entorno y de la calidad de vida...", artículo 2, fracción I, II, VI. Todos tenemos la obligación de ser activos en cuidar nuestro entorno, artículo 14, fracción II, inciso d), artículo 15, fracción XIII.

Tenemos derechos, obligaciones, normas, con que respetáramos la vida y por ende nuestro planeta, no necesitaríamos más, pero el humano crea y moldea su entorno, destruye para construir y nos olvidamos de lo básico, de nuestro comportamiento. Por ello, como hemos visto, es escasa la regulación que existe en el país y en la Ciudad de México acerca del tratamiento de las aguas residuales, de los avances del tipo de tratamiento, de la disposición de los sólidos provenientes del tratamiento, como los lodos, en cuanto a las normas oficiales, también existe rezago, sin actualizarse, a pesar de que en otros países hay una fuerte regulación para las aguas residuales, el tratamiento, reúso, y normas con parámetros que limitan y regulan los contaminantes tóxicos que puedan descargar en los cuerpos receptores, para que la calidad en los niveles de tratamiento sea la idónea para abrir posibilidades en un posterior uso, todo ello está regulado.

Los permisos de concesión, de uso, de descarga tienen que ser claros, precisos, sin dejar opción al incumplimiento, para proteger el recurso hídrico y recuperar el equilibrio ambiental.

CAPÍTULO 3. MARCO INSTITUCIONAL

En el Capítulo Segundo nos concentramos en el compendio jurídico relacionado a lo contendiente a las aguas residuales generadas en la Ciudad de México, provenientes de las tres principales fuentes, que son las derivadas de la industria, del comercio y domiciliarias. Es así que pasamos directamente a las facultades de las instituciones federales y locales competentes que diseñan, ejecutan y atienden en la Ciudad respecto a las descargas al sistema de alcantarillado y tratamiento.

El marco normativo lo desglosaremos en las autoridades y sus atribuciones correspondientes al tema presentado en el presente trabajo:

3.1 Autoridades hídricas nacionales para las aguas residuales

3.1.1 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Las atribuciones de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, se encuentran en el artículo 32 Bis de la Ley orgánica de la Administración Pública Federal, cuya publicación fue en el Diario Oficial de la Federación el 29 de diciembre de 1976 y, establece las bases de organización de la Administración Pública Centralizada, las Secretarías de Estado forman parte de la administración, por ello, para las aguas residuales corresponden las fracciones:

Artículo 32 BIS: A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales corresponde el despacho de los siguientes asuntos:

- I. Fomentar la protección, restauración, conservación, preservación y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, recursos naturales, bienes y servicios ambientales, con el fin de garantizar el derecho a un medio ambiente sano;
- II. Formular, conducir y evaluar la política en materia de recursos naturales, siempre que no estén encomendados expresamente a otra dependencia; así como en materia de ecología, saneamiento ambiental, agua, regulación ambiental del desarrollo urbano y de la actividad pesquera, con la participación que corresponda a otras dependencias y entidades;
- III. Administrar y regular el uso y promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que correspondan a la Federación

IV. Establecer, con la participación que corresponda a otras dependencias y a las autoridades estatales y municipales, normas oficiales mexicanas sobre la preservación y restauración de la calidad del medio ambiente; sobre los ecosistemas naturales; sobre el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y de la flora y fauna silvestre, terrestre y acuática; sobre descargas de aguas residuales, y en materia minera; y sobre materiales peligrosos y residuos sólidos y peligrosos; así como establecer otras disposiciones administrativas de carácter general en estas materias y otras de su competencia, para la interpretación y aplicación de las normas oficiales mexicanas;

V. Vigilar, promover y estimular, en coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales, el cumplimiento de las leyes, normas oficiales mexicanas, programas relacionados con recursos naturales, medio ambiente, aguas, bosques y demás materias competencia de la Secretaría, así como, en su caso, iniciar los procedimientos de inspección respectivos, imponer las sanciones y ordenar las medidas de seguridad que resulten procedentes;

...

XII. Elaborar, promover y difundir las tecnologías y formas de uso requeridas para el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y sobre la calidad ambiental de los procesos productivos, de los servicios y del transporte;

XIII. Fomentar y realizar programas de restauración ecológica, con la cooperación de las autoridades federales, estatales y municipales, en coordinación, en su caso, con las demás dependencias y entidades de la Administración Pública Federal;

...

XVII. Promover la participación social y de la comunidad científica en la formulación, aplicación y vigilancia de la política ambiental, y concertar acciones e inversiones con los sectores social y privado para la protección y restauración del ambiente;

...

XXII. Coordinar, concertar y ejecutar proyectos de formación, capacitación y actualización para mejorar la capacidad de gestión ambiental y el uso sustentable de recursos naturales; estimular que las instituciones de educación superior y los centros de investigación realicen programas de formación de especialistas, proporcionen conocimientos ambientales e impulsen la investigación científica y tecnológica en la materia; promover que los organismos de promoción de la cultura y los medios de comunicación social contribuyan a la formación de actitudes y valores de protección ambiental y de conservación de nuestro patrimonio natural; y en coordinación con la Secretaría de Educación Pública, fortalecer los contenidos ambientales de planes y programas de estudios y los materiales de enseñanza de los diversos niveles y modalidades de educación;

XXIII. Organizar, dirigir y reglamentar los trabajos de hidrología en cuencas, cauces y álveos de aguas nacionales, tanto superficiales como subterráneos, conforme a la ley de la materia;

XXIV. Administrar, controlar y reglamentar el aprovechamiento de cuencas hidráulicas, vasos, manantiales y aguas de propiedad nacional, y de las zonas federales correspondientes, con exclusión de los que se atribuya expresamente a otra dependencia; establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares que deban satisfacer las descargas de aguas residuales, cuando sean de jurisdicción federal; autorizar, en su caso, el vertimiento de aguas residuales en el mar, en coordinación con la Secretaría de Marina, cuando provenga de fuentes móviles o plataformas fijas; en cuencas, cauces y demás depósitos de aguas de propiedad nacional; y promover y, en su caso, ejecutar y operar la infraestructura y los servicios necesarios para el mejoramiento de la calidad del agua en las cuencas;

...

XXVII. Manejar el sistema hidrológico del Valle de México;

...

XXX. Ejecutar las obras hidráulicas que deriven de tratados internacionales;

XXXI. Impulsar acciones para garantizar el acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico; intervenir en el acceso al agua para el sector productivo y energético a través de instrumentos establecidos por ley siguiendo los principios y criterios de equidad y sustentabilidad; fomentar y apoyar los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales que realicen las autoridades locales y las organizaciones comunitarias, así como programar, proyectar, construir, administrar, operar y conservar por sí, o mediante el otorgamiento de la asignación o concesión que en su caso se requiera, o en los términos del convenio que se celebre, las obras y servicios de captación, potabilización, tratamiento de aguas residuales, conducción y suministro de aguas de jurisdicción federal;

Tiene la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), una vital atribución, la de la protección ambiental, de preservar el equilibrio ambiental, por ello va implícito que sea autoridad en materia del agua, para las aguas residuales, resulta importante y como se menciona en la fracción III del artículo antes citado, la SEMARNAT, administrará y regulará el uso sustentable de los recursos, dando a la interpretación que las aguas residuales, al ser un recurso natural, estarán protegidas del mal uso, de que no existan descargas sin previo tratamiento, sin rebasar altos contaminantes permitidos, con ello se estará colaborando para evitar el desequilibrio natural no solo del recurso hídrico sino también del equilibrio ecológico en general. Para ello se colabora con otras autoridades y dependencias a través de convenios de colaboración para establecer normas oficiales encaminadas a la restauración de las aguas para un reuso óptimo. Se requiere para lograr el objetivo de sanear las aguas residuales de desarrollo de

investigación y tecnología de diversas áreas de conocimiento para colaborar con la educación en general de toda la población para crear y que conozcamos todos acerca de la real importancia de cuidar el agua, para que las personas a las que se les otorgó la concesión o permiso de descargas aguas residuales, realicen el previo tratamiento.

La SEMARNAT a su vez, tiene la facultad para administrar y reglamentar las cuencas hidráulicas, establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de las descargas de aguas residuales cuando sean de jurisdicción federal, porque el recurso hídrico no es finito y está contaminado, por el mal uso, la contaminación, el no dar el tratamiento, el desperdicio. Otra de sus facultades es la de manejar el sistema hidrológico del Valle de México, como veremos más adelante, la Ciudad de México se inunda desde hace siglos, y desde hace siglos se drena la ciudad, las inundaciones generan consecuencias insalubres y las descargas de la localidad de la zona metropolitana llegan casi en su totalidad hasta el Estado de Hidalgo, por ello es importante la participación de la SEMARNAT en el Valle de México.

3.1.2 Comisión Nacional del Agua

“La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es un órgano administrativo, normativo, técnico, consultivo y desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) con la misión de administrar y preservar las aguas nacionales y sus bienes inherentes para lograr su uso sustentable, con la corresponsabilidad de los tres niveles de gobierno y la sociedad en general.”¹²²

Dentro de las acciones, programas e instrumentos de gestión de la CONAGUA, destacan primero, el marco jurídico para el uso de las aguas nacionales; segundo,

¹²² Comisión Nacional del agua <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/instrumentos-de-gestion-del-agua>, el día 25 de febrero de 2019.

la economía y finanzas del agua; tercero, los mecanismos de participación y cuarto, las normas relacionadas con el agua.¹²³

Marco jurídico para el uso de las aguas nacionales

El primer instrumento, el marco jurídico para el uso de las aguas nacionales, en el Capítulo anterior desglosamos el marco jurídico de las aguas residuales a nivel nacional, hay que tener presente que es en la Ley de Aguas Nacionales en donde se establece el uso, aprovechamiento de las aguas nacionales, que sólo se podrán efectuar a través de las concesiones otorgadas por la CONAGUA, para las descargas de aguas residuales se necesita también de los permisos, estos actos se registran en el Registro Público de Derechos del Agua.

Economía y finanzas del agua

El siguiente instrumento es la economía y finanzas del agua, en este reporte de la CONAGUA, se tiene establecido que cada cuenca y acuífero se clasifica en una de cuatro zonas de disponibilidad para el cobro de derechos por explotación, uso o aprovechamiento del agua, para efectos de las descargas de aguas residuales a cuerpos de agua nacionales, se toma en cuenta los efectos de contaminación, el volumen y la carga de contaminantes, esto sobre la base de la descarga de la actividad que propició el vertido.

Las inversiones para el agua potable, alcantarillado y saneamiento provienen del ámbito federal, estatal, municipal y otros, los datos obtenidos son que para el 2016 representaron un monto de 34 800 millones de pesos.

“Las tarifas del agua que tienen como objetivo recuperar los costos incurridos por el prestador de servicios, son fijadas de diversa manera en cada municipio, dependiendo de su marco jurídico. Generalmente existen tarifas específicas para

¹²³ Comisión Nacional del agua, *Instrumentos de gestión del agua, Capítulo 5*, Sistema Nacional de Información del Agua, Comisión Nacional del Agua, fecha de publicación 10 de abril de 2018, <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/instrumentos-de-gestion-del-agua>, consultada el día 25 de febrero de 2019.

cada tipo de usuario: doméstico, industrial, comercial, y servicios, entre otros. Habitualmente a mayor consumo, mayor precio por metro cúbico.”¹²⁴

Mecanismos de participación

A fines de 2017 se tenían 26 consejos de cuenca. Los Consejos de Cuenca, están definidos en el artículo 3, fracción XV de la Ley de Aguas Nacionales, y explica que son órganos colegiados de integración mixta, que fungen como instancias de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría entre CONAGUA, las instancias federales, estatales y municipales, los usuarios y organizaciones de la respectiva cuenca o región hidrológica.

Normas relacionadas con el agua

“Se tienen diversas normas oficiales mexicanas y normas mexicanas relacionadas con el tema del agua, tanto ecológicas y del sector agua, incluyendo límites máximos permisibles en descargas, aguas residuales, su aprovechamiento y disposición final, preservación de manglares, caracterización de jales, determinación de disponibilidad media anual de aguas nacionales, especificaciones para infraestructura, equipos y pruebas; como de la Secretaría de Salud, conteniendo especificaciones para agua de consumo humano, su transporte, muestreo, vigilancia y control.

Cabe destacar un conjunto de normas mexicanas (de observación voluntaria), para evaluación de tarifas, mejora del servicio a usuarios y prestación y evaluación de los servicios de agua potable y agua residual.” ¹²⁵

Es a través de la Comisión Nacional del Agua que el Poder Ejecutivo realiza sus atribuciones de autoridad federal del recurso hídrico, con estos cuatro mecanismos antes señalados, el Estado y sociedad se organizan para armonizar la gestión y administración del agua.

¹²⁴ *Idem.*

¹²⁵ *Idem.*

Dentro de la integración de la CONAGUA, se señala cuál es la naturaleza jurídica, dejando claramente que será la encargada de administrar y preservar el agua, que, para nuestro tema, se entiende que las aguas residuales también están reguladas y debiesen estar controladas las descargas de aguas residuales. En la tarea de gestionar el recurso hídrico están los Consejos de Cuenca como siguiente nivel burocrático para ser el nexo entre la Comisión, instancias federales, estatales y municipales.

Que la coordinación entre los tres niveles de gobierno está señalada, se debe de colaborar en conjunto, en la prestación de servicios del agua, en su manejo y sustento, en las inversiones que realizan para el alcantarillado y saneamiento, porque el agua es un ciclo, y también lo es el trabajo, toda la actividad humana repercute en el ambiente y en la vida en general de todos los seres bióticos y abióticos.

Para las descargas de aguas residuales a los cuerpos de aguas, se tiene que contar con el permiso de la Conagua, los cuales se tendrán que registrar en el Registro Público de Derechos de Agua, que forma parte del procedimiento y requisitos para poder descargar los contaminantes y contaminar los cuerpos de agua receptores.

Como medida de protección a los acuíferos y cuencas, se establecen zonas de veda, de reserva. Las primeras de acuerdo al artículo 3 fracciones LXIV y LXV, son aquellas áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas o regiones hidrológicas, en los cuales se establecen limitaciones en la explotación con la finalidad de prestar el servicio público, conservar preservar un programa o cuando el Estado vuelva a explotar dichas aguas por causa de utilidad pública; las segundas, zonas de reserva, son las áreas específicas de las regiones hidrológicas en las cuales no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a los establecidos, en virtud del deterioro del agua en calidad, cantidad, por el daño a los cuerpos de agua superficiales y/ subterráneos.

Los cobros de derechos para las descargas de agua residual, se toman en cuenta los efectos de la contaminación, el volumen y la carga de contaminantes.

En lo que respecta a las normas oficiales mexicanas, se tienen que hay las que establecen los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas. Las normas mexicanas que son de observancia voluntaria, para evaluación de tarifas, mejora de servicio, prestación y evaluación de los servicios de agua potable y agua residual; no debiese ser “voluntario”, al contrario, todo lo tocante al agua y su normatividad debiese ser obligatorio, estamos obligados a hacer un correcto uso y a la autoridad implementar mecanismos obligatorios para proteger el agua.

Actualmente y con base en el Decreto del 12 de octubre de 2012, se establecen cambios en las atribuciones y la estructura orgánica de la Institución en la cual se adiciona la Coordinación General de Proyectos Especiales de Abastecimiento y Saneamiento con sus tres Gerencias: de Ingeniería, de Construcción y la de Agua Potable y Saneamiento;... la Subdirección de Infraestructura Hidroagrícola, Subdirección de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento y la Subdirección de Recaudación y Fiscalización, con el propósito de fortalecer la eficiencia en la operación de los programas sustantivos en materia hídrica en las entidades.

Como complemento de este punto de nuestro trabajo destacamos los siguientes órganos dentro de la Estructura orgánica de la Comisión Nacional del Agua¹²⁶:

1. Dirección General:

Es la autoridad en materia hídrica y se constituye como el Órgano Superior con carácter técnico, normativo y consultivo de la Federación en materia de gestión integrada del recurso hídrico, incluyendo la administración, regulación, control y

¹²⁶ Comisión Nacional del Agua, *Manual de integración, estructura orgánica y funcionamiento*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, México, D.F., octubre 2014. Comisión Nacional del agua <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Manual%20de%20Integracion,E OyF.pdf>

protección del dominio hídrico, que permita garantizar su desarrollo integral sustentable y preservar el medio ambiente, mediante la aplicación de la normatividad aplicable en la materia.

2. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento

Se encarga de estudiar, normar, proyectar, promover, construir y operar obras de infraestructura hidráulica, a cargo de la Comisión Nacional del Agua, relacionadas con el agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, a fin de cubrir las necesidades de abastecimiento y saneamiento del agua en el ámbito nacional.

3. Subdirección General Técnica

Genera, integra, interpreta, aplica y proporciona información confiable y herramientas técnico-normativas en materia de calidad del agua, a fin de incrementar su conocimiento y apoyar su gestión para prevenir y controlar su contaminación. Entre sus proyectos esta dictaminar técnicamente las condiciones particulares de descarga, en los casos en los que se establezcan parámetros, límites máximos permisibles o disposiciones diferentes de la NOM-001-SEMARNAT-1996, así como nuevas instalaciones que viertan sus aguas residuales en cuerpos nacionales que estén incluidos dentro de los tratados internacionales, o bien de descargas que se efectúen al subsuelo donde se ubican acuíferos con cuencas compartidas con países vecinos y en los casos previstos por los lineamientos específicos; fomentar el pretratamiento de aguas residuales no municipales descargadas a las redes de alcantarillado, así como los sistemas de tratamiento, reuso y recirculación del agua.

4. Coordinación General de Proyectos Especiales de Abastecimiento y Saneamiento

Esta Coordinación ejecuta el diseño, desarrollo y operación de los Proyectos Especiales de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento y de las obras estratégicas y de seguridad nacional que se le asignen, llevando a cabo los procesos de contratación, ejecución, control y seguimiento de las obras, para la

prestación de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento. Cuando forme parte el Valle de México, se elaboran los proyectos especiales de abastecimiento de agua potable y saneamiento; se coordina la ejecución de los procedimientos para el reuso e intercambio de las aguas residuales tratadas.

A nivel Regional Hidrológico Administrativo se ubica:

5. Dirección General del Organismo de Cuenca

Planea, organiza, dirige y controla las acciones de la Comisión Nacional del Agua en la región hidrológico-administrativa de su competencia, mediante la programación, ejecución, control y evaluación del Programa Hídrico Regional conforme a la legislación aplicable, para la administración, preservación, uso y reuso sustentable del recurso agua, incluyendo los bienes públicos inherentes. Dentro de sus acciones, fomenta los proyectos, programas y acciones para el desarrollo de sistemas urbanos y rurales de agua potable, alcantarillado, saneamiento, tratamiento, reuso de las aguas.

6. Dirección de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento

Mejora los servicios de agua potable, drenaje, saneamiento y tratamiento de aguas, mediante el apoyo y fomento entre las entidades federativas, municipios, organismos operadores y beneficiarios, de obras y acciones tendientes al mejoramiento de los servicios y el uso eficiente del recurso y la infraestructura.

A nivel Local:

7. Subdirección de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento

Establecer en coordinación con los gobiernos estatal y municipales, así como con los organismos operadores del agua, las acciones que permitan dotar de agua potable, desinfección, drenaje y tratamiento de aguas residuales, en el ámbito territorial de la Dirección Local, para cubrir las necesidades de abastecimiento y saneamiento de agua, mediante la promoción, formalización, construcción, supervisión, ejecución y operación de las obras de infraestructura hidráulicas.

Hemos mencionado las direcciones a nivel Regional Hidrológico Administrativo y subdirección a nivel local porque la Ciudad de México se ubica en la Región del Valle de México y la ciudad es local, para ambas competencias se tiene establecido el orden de jerarquía y por ello son los convenios de coordinación para llevar a cabo la gestión de las aguas, para nuestro tema, el de las aguas residuales.

Vislumbramos que dentro de la estructura orgánica de la Comisión Nacional del agua a nivel federal, nivel regional hidrológico-administrativo, por organismo de Cuenca, y nivel local, siempre se mantiene que se debe de garantizar el desarrollo sustentable, para continuar con las actividades económicas, sociales, ambientales; el apoyo al desarrollo para los sistemas de alcantarillado, drenaje, saneamiento, tratamiento de aguas residuales, reúso de las mismas, para distintos usos, como lo hemos visto, para recarga de acuíferos, en agricultura, riego en ciudades, usos en la industria, comercio, casa-habitación.

Los convenios de cooperación entre las dependencias federales y municipales destacando para prestar los servicios públicos, respetando así el derecho a la salud, que nos lleva al derecho a la información, información sobre la calidad y cantidad del agua, que las autoridades sepan que contaminantes se están vertiendo, la contaminación, riesgos y consecuencias generadas por las descargas, si ya es certero que se desecharan sustancias tóxicas, buscar la mejor manera de prevenir y revertir.

3.2 Autoridades hídricas en la Ciudad de México para las aguas residuales

La Constitución de la Ciudad de México se redactó, discutió y se aprobó por la Asamblea Constituyente de la Ciudad el 31 de enero de 2017, entró en vigor el 17 de septiembre de 2018. Está integrada por ocho Títulos, setenta y un artículos en los cuales se establecen los principios rectores.

Entre los derechos de los ciudadanos, se reconoce y se ratifica el derecho a un ambiente sano, incluyendo el derecho a que las aguas sean saneadas; en este punto, el artículo 9, inciso F, punto 1., se menciona que “toda persona tiene derecho a recibir, solicitar, y difundir información sobre cuestiones del agua”, en este orden de ideas, va acorde al objetivo de la Coordinación de Comunicación y Cultura de Agua de la Conagua, cuyo propósito es informar a la población sobre la importancia del uso eficiente del agua, los costos de proveerla y su valor estratégico para el desarrollo del país, porque todos debemos tener la asertividad de conocer o pretender conocer la calidad del agua que consumimos y la forma en que la contaminamos para hacer un mejor uso.

Reconocido lo está también el derecho a que los servicios públicos sean de calidad, que la administración pública funcione, que las autoridades dentro de sus competencias tendrán que asegurar a protección al medio ambiente, generar la gestión sustentable del agua, como se menciona en el Punto B del Artículo 16, que se garantizará el saneamiento de aguas residuales, desde todo el proceso, recolección, conducción, tratamiento, disposición y reutilización.

El Punto F del Número 3 inciso B de este mismo Artículo 16, resalta que se promoverá la captación agua pluvial, su tratamiento y reutilización para otros usos y recarga de los acuíferos; es importante señalar esta idea, actualmente toda el agua de precipitación se va directo a las alcantarillas combinándose con aguas residuales domésticas, comercio y de industria, en la Ciudad de México no tenemos separados la red de drenaje, todo se une.

El organismo que tiene a su cargo el servicio público de potabilización, distribución, abasto y drenaje es el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, SACMEX (más adelante abordará las funciones del SACMEX).

Además, se aborda el tema de que el sector industrial “no podrá comprometer en ningún caso la satisfacción de las necesidades de uso personal y doméstico del

agua. Se promoverá el uso eficiente, responsable y sustentable del agua en las actividades económicas...”. Textualmente dice “se promoverá”, aunado a una promoción-invitación, se necesitan acciones y obligaciones, a las industrias se les dota de agua potable para el desarrollo de sus procedimientos, no tratan las aguas residuales antes de verterlas, contaminan más, no ejercen una práctica sustentable del recurso, las descargas de sus aguas residuales contaminan poniendo en peligro y dañando la salud de todo ser vivo. Debería de ser obligación que traten sus aguas y las reutilicen en sus procesos.

El artículo 53 del ordenamiento antes mencionado, es el correspondiente a las aguas residuales y drenaje, en donde se reconoce y faculta a las alcaldías para promover y asegurar el desarrollo sustentable, así se encuentra establecido en la fracción XIX del punto 2 inciso A; dentro de su competencia, en el numeral 12, fracciones II, III y X, cada alcaldía tiene jurisdicción en obra pública, servicios públicos, protección al ambiente, se establecen dichas atribuciones de prestar el servicio de agua potable, alcantarillado, drenaje y saneamiento, dichas acciones se tienen que realizar como el mismo artículo indica, de forma coordinada con el Gobierno de la Ciudad, con otras alcaldías, con el SACMEX y la CONAGUA.

3.2.1 Alcaldías como autoridades para aguas residuales

En la Constitución Política de la Ciudad de México, se establecen las atribuciones de las Alcaldías, le corresponde al artículo 53:

Artículo 53 Alcaldías

A. De la integración, organización y facultades de las alcaldías

...

2. Son finalidades de las alcaldías:

...

XIX. Promover el interés general de la Ciudad y asegurar el desarrollo sustentable;

...

12. Las alcaldías tendrán competencia, dentro de sus respectivas jurisdicciones, en las siguientes materias:

- ...
 - II. Obra pública y desarrollo urbano;
 - III. Servicios públicos;
 - ...
 - X. Protección al medio ambiente;
3. De las personas titulares de las alcaldías
- ...
 - b). En forma coordinada con el Gobierno de la Ciudad de México u otras autoridades
Gobierno y régimen interior
 - ...
 - VIII. Ejecutar dentro de su demarcación territorial los programas de obras públicas para el abastecimiento de agua potable y servicio de drenaje y alcantarillado y las demás obras y equipamiento urbano en coordinación con el organismo público encargado del abasto de agua y saneamiento de la Ciudad de México; así como realizar las acciones necesarias para procurar el abastecimiento y suministro de agua potable en la demarcación;

Es como primer enunciado que en la Constitución de la Ciudad de México menciona que serán las autoridades hídricas en lo que les corresponda las alcaldías, SACMEX y CONAGUA encargadas del desalojo de las aguas residuales colaborando conjuntamente.

Más adelante se presentarán las finalidades y atribuciones exclusivas de las alcaldías. De Inicio abordaremos lo que en la Constitución de la ciudad nos menciona relacionado al trabajo coordinado, empezamos con la CONAGUA, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, SACMEX y finalizamos con las alcaldías, porque son las tres principales autoridades hídricas y forman parte del mecanismo de gestión del agua en el país.

3.2.2 Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México

La Procuraduría como autoridad ambiental es un organismo público descentralizado de la Administración Pública con personalidad jurídica, patrimonio propio, y autonomía operativa y financiera para el buen desempeño de sus funciones, que

tiene por objeto la defensa de los derechos de los habitantes de la Ciudad de México a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar, mediante la promoción y vigilancia del cumplimiento de las disposiciones jurídicas en materia ambiental.¹²⁷ Entre sus facultades¹²⁸, está la de llevar investigaciones de oficio, respecto al cumplimiento y aplicación de las disposiciones jurídicas en materia ambiental, así como de hechos que generen o que puedan producir desequilibrios ecológicos, daños o deterioro grave a los ecosistemas de la Ciudad de México o sus elementos; emitir recomendaciones a las dependencias, órganos desconcentrados y entidades de la administración pública en los distintos niveles de gobierno, cuando incurran en omisiones que generen desequilibrios, daños o deterioros graves a los ecosistemas; realizar periciales de daños ambientales.

Cabe mencionar que las facultades de la Subprocuraduría de Asuntos Jurídicos¹²⁹, están relacionadas con la defensa, consulta en materia ambiental que causen daños al ambiente ya sea en sus recursos o a las personas, se busca reparar o compensar los riesgos y daños al ambiente, a los recursos naturales y al patrimonio urbanístico arquitectónico de la ciudad; en coordinarse con otras dependencias para formular normas ambientales.

Las atribuciones de la Procuraduría comienzan con la denuncia hecha por las personas acerca de cualquier hecho, acto u omisión que produzca o pueda producir desequilibrios ecológicos, daños al ambiente o constituya una contravención o falta a las disposiciones jurídicas en materia ambiental, de oficio por hechos considerados de especial relevancia¹³⁰. Se tiene el plazo de un año para denunciar a partir de que se tienen conocimiento de los hechos, se puede ampliar en caso de

¹²⁷ Artículo 2 de la Ley Orgánica de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México.

¹²⁸ Las atribuciones están en el artículo 5 de la Ley Orgánica de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México.

¹²⁹ Artículo 15 Bis 5 de la Ley Orgánica de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México.

¹³⁰ Artículos 18, 22, 22 Bis 2 y 23 de la Ley Orgánica de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México.

que las afectaciones de los daños sean graves artículo. Entre las reglas del procedimiento¹³¹ se destaca que, en caso del implemento de mecanismos alternativos de solución, estos no eximen de las responsabilidades que se generen por las violaciones jurídicas y daños al ambiente.

A la conclusión de la Procuraduría del juicio reciben el nombre de recomendaciones y sugerencias. La Procuraduría emitirá la *Recomendación* que corresponda a las dependencias, órganos desconcentrados y entidades de la administración pública federal, estatal, municipal y de la Ciudad de México, cuando acredite actos, hechos u omisiones que constituyan violaciones, incumplimientos o falta de aplicación de las disposiciones jurídicas en materia ambiental y del ordenamiento territorial, o cuando las acciones u omisiones de las autoridades correspondientes generen o puedan generar daños o deterioro grave del ambiente y los recursos naturales de la Ciudad de México. Emitirá *Sugerencias* a la Asamblea Legislativa o a los órganos jurisdiccionales para su consideración en los procedimientos, procesos, recursos, iniciativas de ley, proposiciones legislativas o de cualquier otro asunto de su competencia, cuando acredite, a través del desarrollo de sus actividades, que es necesaria la intervención de dichas autoridades para promover y mejorar la aplicación y cumplimiento de las disposiciones jurídicas en materia ambiental y del ordenamiento territorial.

3.3 Organismos operadores de las aguas residuales en la Ciudad de México

Recordemos que en la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos en el artículo 115, fracción III, inciso a) se establece la responsabilidad de los municipios para la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de las aguas residuales. Para prestar este servicio se necesita de coordinación con diversos organismos operadores, para la Ciudad de México, es la CONAGUA, el

¹³¹ Las Reglas del Procedimiento están en el Capítulo Tercero, del artículo 18 al 35 Bis de la Ley Orgánica de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México.

SACMEX

y

las

alcaldías.

3.3.1 Sistema de Aguas de la Ciudad de México

El 1 de enero de 2003 entró en vigor el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), por decreto del Jefe de Gobierno del Distrito Federal, Lic. Andrés Manuel López Obrador, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México está sectorizado en la Secretaría del Medio Ambiente y tiene por objetivo, con base en el Decreto por el cual se creó, prestar los servicios públicos de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y reutilización.

El SACMEX, de acuerdo al artículo 2 fracciones I, III, V del Decreto antes referido, tiene por objeto suministrar y distribuir los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y reutilización, para preservar la calidad y cantidad, contribuyendo al desarrollo integral sustentable.

Las atribuciones las encontramos en el Capítulo II, artículo 4, se destaca que el SACMEX formulará, elaborará, administrará y consolidará actualizar el desarrollo del programa de operación hidráulica de la Ciudad de México, así como los estudios y proyectos de abastecimiento de agua potable, drenaje, tratamiento y reuso de aguas residuales, construyendo y conservando las obras de infraestructura hidráulica y de drenaje que requiere la ciudad, en coordinación con las autoridades competentes.

Además de operar y conservar los sistemas de aprovechamiento y distribución de agua potable y alcantarillado de la Ciudad de México, tiene a su cargo, supervisar y vigilar su funcionamiento; proyectar y ejecutar las obras de prevención y control de inundaciones, hundimientos y movimientos de suelo, siempre y cuando sean de tipo hidráulico; substanciar procedimientos y hacer del conocimiento de la autoridad competente las posibles infracciones de los particulares por el mal uso o daño de los sistemas de agua potable, drenaje, tratamiento y reuso de aguas residuales;

establecer las políticas en materia hidráulica en coordinación con la Federación, Estados y Municipios; emitir opinión, en coordinación con las autoridades competentes, sobre la determinación de tarifas para el cobro de agua residual tratada, descargas de aguas residuales; instalar y mantener los dispositivos que considere necesarios para llevar a cabo la medición y registro de los consumos realizados por los usuarios del servicio de agua potable, de drenaje, y de tratamiento y reuso de aguas residuales.

A la vez, el SACMEX establece la coordinación con las Instituciones y Organismos precisos para desarrollar acciones conjuntas con los municipios y estados circunvecinos a la Ciudad de México en materia hidráulica, además de planear, instrumentar y coordinar acciones que conduzcan a lograr el uso eficiente del agua en la Ciudad de México.¹³²

En la estructura orgánica del Sistema de Aguas de la Ciudad de México destacamos las siguientes Direcciones:

Coordinación General del Sistema de Aguas de la Ciudad de México

Dirige la operación de la infraestructura hidráulica y la prestación del servicio público de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales, asimismo el Sistema de Aguas de la Ciudad de México es un órgano desconcentrado de la administración pública de la Ciudad de México, adscrito a la secretaría de finanzas en materia de servicios hidráulicos conforme a lo dispuesto en la normatividad vigente.

Subdirección de Concertación con Alcaldes

Coordinar, supervisar y dar seguimiento a la diversa problemática que se presenta en el sistema hidráulico de la ciudad, derivada de las quejas presentadas por la ciudadanía a través de escritos o vía telefónica, así como dar atención a las

¹³² Información tomada del Decreto publicado en la Gaceta Oficial de fecha 3 de diciembre de 2002. Y de la página de internet del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, <https://www.sacmex.cdmx.gob.mx/dependencia/acerca-de>

peticiones de las diversas delegaciones, dependencias y comités vecinales en materia de agua potable, drenaje y alcantarillado.

Dirección General de Agua Potable

Coordinar, controlar, supervisar, la operación de los “sistema de drenaje, tratamiento y reúso”, instalados en las 16 delegaciones del distrito federal y Estado de México, para cumplir con el proceso de captación, conducción y distribución de agua potable y desalojo de aguas negras y pluviales, para proporcionar los servicios las 24 horas de los 365 días del año.

Dirección de Operación de Drenaje, Tratamiento y Reúso

Coordinar, controlar y supervisar la operación de la infraestructura hidráulica de los sistemas de drenaje y tratamiento de agua residual instalada en el Distrito Federal y en el estado de México, para conducción y desalojo de aguas negras, y pluviales que operan durante todo el año.

Dirección de Planeación

Coordinar las diversas acciones que lleva a cabo el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) con la población en general en materia de solicitud de servicios hidráulicos para la prestación de los servicios de agua potable, drenaje y agua residual tratada; así como las visitas de verificación administrativa que resulten necesarias para dar cumplimiento a la normatividad que regula los recursos hidráulicos en la Ciudad de México

Dirección de Detección de Fallas y Rehabilitación de Drenaje

Supervisar y verificar que la operación de la red secundaria de drenaje, accesorios pluviales e instalaciones de bombeo en los pasos vehiculares y peatonales del distrito federal, a través de un programa anual de desazolve relativo al mantenimiento preventivo y correctivo de dichas instalaciones. Atención a las emergencias hidráulicas generadas por precipitaciones pluviales.

Dirección de Mantenimiento de Maquinaria y Equipo de Desazolve

Coordinar, determinar y autorizar los programas necesarios para mantener en operación y funcionamiento los equipos e instalaciones civiles, mecánicas, eléctricas y electrónicas de los sistemas de agua potable, drenaje, tratamiento de aguas residuales; así como la maquinaria y transporte especializado del sistema de aguas de la ciudad de México.

Dirección de Construcción y Mantenimiento de Drenaje

Coordinar y controlar la ejecución de los programas de construcción de las obras de agua potable, drenaje, aguas residuales tratadas y demás obras complementarias y supervisar que se realicen con la calidad, especificaciones, tiempo y costo establecidos.

Dirección Ejecutiva de Asuntos Jurídicos

Dotar a las diversas áreas del sistema de aguas de la Ciudad de México de los instrumentos jurídicos e información jurídica que les permitan realizar sus actividades con la debida fundamentación y motivación respetando en todo momento el principio de legalidad; y coadyuvar en la defensa de los intereses del sistema de aguas de la Ciudad de México, que deriven de los juicios y amparos promovidos en contra de actos de las diversas unidades administrativas del sistema; permitiendo que los actos realizados se apeguen a la normatividad jurídica aplicable. Asimismo, participar en la elaboración de opiniones y dictámenes jurídicos que le sean solicitados, con el objeto de sustentar jurídicamente las actividades que desarrollan las unidades administrativas adscritas al sistema de aguas de la Ciudad de México.

Dirección de Verificación de Conexiones en Alcaldías

Organizar, dirigir y controlar la atención a los diferentes trámites de solicitud de servicios hidráulicos a usuarios, unidades administrativas y a los órganos político-

administrativos competentes, para la prestación de los servicios de agua potable, drenaje y agua residual tratada en el distrito federal.

3.3.2 Alcaldías como organismos operadores para aguas residuales

La Ley Orgánica de Alcaldías de la Ciudad de México entró en vigor el día 17 de septiembre de 2018, está integrada por dieciséis Títulos, 242 artículos, tiene por objetivo regular y establecer las bases para la integración, organización, administración, funcionamiento y atribuciones del Gobierno y sus alcaldías.

Nuevamente en este ordenamiento se tiene presente el aseguramiento del desarrollo sustentable, en todos los ámbitos; la cooperación a nivel local, con otros municipios y a nivel federal para establecer acuerdos interinstitucionales, así se menciona en el Artículo 20.

Cada Alcaldía dentro de su jurisdicción tendrá la competencia de prestar servicios públicos y proteger al ambiente; podemos interpretar con estas palabras, que cada Alcaldía debe también colaborar con el SACMEX para el desalojo de aguas residuales, controlar descargas y llevar a cabo el tratamiento de las mismas, protegiendo el recurso y por ende el ambiente. Los titulares de las Alcaldías tendrán como atribuciones exclusivas, entre otras, los servicios públicos, protección ecológica, vigilar, verificar y aplicar las sanciones en materia de medio ambiente, ejecutar obras y servicio de drenaje, alcantarillado. Para poder llevar a cabo estas y todas las demás atribuciones se tienen que establecer los mecanismos de cooperación con las diversas autoridades en los distintos niveles de gobierno, para que solo entonces la administración sea efectiva, para que la gestión humana y de recursos naturales (para nuestro tema el agua), este equilibrada. La Ley en el artículo segundo, fracción XII nos define la cooperación como las “Acciones implementadas por los Servidores Públicos de la alcaldía de manera conjunta con autoridades federales o del gobierno local, a fin de dar cumplimiento a las

obligaciones, facultades y atribuciones que otorga la Constitución Local y demás normatividad vigente.” Podemos apreciar que hay orden y voluntad.

Los artículos que hacen referencia a nuestro tema son los siguientes:

Artículo 20. Son finalidades de las Alcaldías:

...

XX. Promover el interés general de la Ciudad y asegurar el desarrollo sustentable;

XXI. Establecer instrumentos de cooperación local, así como celebrar acuerdos interinstitucionales con las Alcaldías y los municipios de las entidades federativas...

Artículo 29. Las Alcaldías tendrán competencia, dentro de sus respectivas jurisdicciones, en las siguientes materias:

II. Obra pública y desarrollo urbano;

III. Servicios públicos;

...

X. Protección al medio ambiente;

Artículo 30. Las personas titulares de las Alcaldías tienen atribuciones exclusivas en las siguientes materias: gobierno y régimen interior, obra pública, desarrollo urbano y servicios públicos, movilidad, vía pública y espacios públicos, desarrollo económico y social, cultura, recreación y educación, asuntos jurídicos, rendición de cuentas, protección civil y, participación de derecho pleno en el Cabildo de la Ciudad de México, debiendo cumplir con las disposiciones aplicables a este órgano.

Artículo 40. Las personas titulares de las Alcaldías tienen las siguientes atribuciones coordinadas con el Gobierno de la Ciudad u otras autoridades en las materias de gobierno y régimen interior, obra pública, desarrollo urbano y servicios públicos, desarrollo económico y social, educación y cultura, protección al medio ambiente, asuntos jurídicos y alcaldía digital.

Artículo 42. Las atribuciones de las personas titulares de las Alcaldías en materia de obra pública, desarrollo urbano y servicios públicos, coordinadas con el Gobierno de la Ciudad u otras autoridades, son las siguientes:

...

VII. Ejecutar dentro de su demarcación territorial los programas de obras públicas para el abastecimiento de agua potable y servicio de drenaje y alcantarillado y las demás obras y equipamiento urbano en coordinación con el organismo público encargado del abasto de agua y saneamiento de la Ciudad; así como realizar las acciones necesarias para procurar el abastecimiento y suministro de agua potable en la demarcación;

Artículo 47. Las Alcaldías en el ámbito de sus competencias impulsarán y ejecutarán acciones de conservación, restauración y vigilancia del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente.

Artículo 48. Las Alcaldías en el ámbito de sus competencias promoverán la educación y participación comunitaria, social y privada para la preservación y restauración de los recursos naturales y la protección al ambiente.

Artículo 51. Es responsabilidad de las Alcaldías vigilar y verificar administrativamente el cumplimiento de las disposiciones, así como aplicar las sanciones que correspondan en materia protección ecológica.

Artículo 52. Las atribuciones de las personas titulares de las Alcaldías en materia de protección al medio ambiente, coordinadas con el Gobierno de la Ciudad u otras autoridades, son las siguientes:

..

III. Diseñar e implementar, en coordinación con el Gobierno de la Ciudad, acciones que promuevan la innovación científica y tecnológica en materia de preservación y mejoramiento del medio ambiente;

Artículo 63. Las Alcaldías y el Gobierno de la Ciudad impulsarán la creación de instancias y mecanismos de Coordinación con la Federación, los Estados y Municipios para la planeación democrática del desarrollo y la prestación de servicios públicos de impacto regional y metropolitano, en materia de asentamientos humanos, gestión ambiental, movilidad, transporte, agua, saneamiento, gestión de residuos, seguridad ciudadana y demás facultades concurrentes, de conformidad con la Constitución Federal, la Constitución Local y las leyes en la materia.

Las alcaldías tienen cada una y todas en conjunto una serie de competencias relacionadas a la protección ambiental, de recursos naturales, del agua, tienen la obligación de prestar servicios públicos, como lo son el abastecimiento de agua potable, alcantarillado, drenaje, tratamiento y reuso de aguas residuales, con la colaboración y coordinación con diversas autoridades locales y federales.

Recapitulemos, la Comisión Nacional del Agua es el organismo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, para ejercer atribuciones en materia hídrica, gestión de los recursos hídricos, regulación, administración, control y protección. Lo que corresponden también las aguas residuales derivadas

de la industria, comercio, casa-habitación y riego, así como las descargas de las mismas a los sistemas de alcantarillado de la red de drenaje.

En la Ciudad de México, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México se encargará y coordinará con las alcaldías para proporcionar el servicio de desalojo de aguas residuales al sistema de alcantarillas.

Al ser la ciudad una zona metropolitana, abarca la ciudad y los sesenta municipios aglomerados del Estado de México y del Estado de Hidalgo, las descargas y el poco tratamiento de aguas residuales, tiene que ser forzosamente un trabajo de coordinación con los tres niveles de gobierno.

Hay instituciones, marco normativo, marco técnico, capital humano, recurso hídrico, entonces, debemos de trabajar en conjunto para que México deje de ser un país que trata menos de la cuarta parte de sus aguas residuales, pues como bien lo menciona María Del Carmen Carmona Lara: “El tratamiento de las aguas residuales en México es el segundo más bajo entre los países de la OCDE. En el año 2000 sólo se trató cerca de 23% de las aguas residuales. Los costos ambientales y de salud pública por el mal tratamiento son altos; los costos anuales en la Ciudad de México por enfermedades diarreicas ocasionadas por contaminación del agua y del suelo se estiman en 3.6 mil millones de dólares a mediados de la década de 1990....

Desde 2003 la OCDE ha elaborado una serie de recomendaciones a México, y menciona los siguientes desafíos importantes: a. Los problemas inherentes a un federalismo que no existe en el caso del agua, y que implica la delegación de poderes en materias concurrentes tanto en la política medioambiental y en la política de desarrollo nacional como en su implementación, que necesitan estar acompañadas de un adecuado fortalecimiento y construcción de las capacidades en los niveles estatales y municipales. ... c. Fortalecer la aplicación efectiva de la legislación en materia del abatimiento de la contaminación y la protección de la naturaleza, incluyendo el aumento de las actividades de monitoreo, vigilancia e

inspección y del nivel de cumplimiento de las normas, así como ampliar la utilización de los instrumentos económicos y el aumento de la eficiencia en el aprovechamiento integral y sustentable de los recursos naturales. d. En el caso de financiamiento e inversión, se requiere aumentar las fuentes de recursos públicos, privados e internacionales para financiar la infraestructura necesaria para el suministro de agua potable y el tratamiento de las aguas residuales. La inversión en infraestructura para el agua se encuentra aproximadamente a la mitad de lo necesario, ya que sólo el 25% del agua residual en las ciudades es tratada, y la gran mayoría de las descargas industriales no tienen tratamiento.”¹³³

Si atendemos estas recomendaciones de la OCDE, más las propias recomendaciones y propuestas que se han presentado en México, desde estudiantes que investigan, investigadores, ingenieros y demás personas ocupadas en proponer soluciones a los problemas hídricos, se puede lograr mejorar los tratamientos de aguas residuales, ampliar los parámetros de contaminantes, tratar las aguas antes de verterlas, reusar las mismas en diversas actividades y procesos en industrias, para con ello, tener una verdadera conciencia de que si no cuidamos el agua y, como ya está comprobado la relación agua-salud, no vivimos, nos enfermamos y enfermamos a todos los demás seres vivos que habitan el planeta.

¹³³ Rabasa, Emilio O. y Arriaga García, Carol, coordinadores, *Agua Aspectos Constitucionales*, UNAM, Editorial Porrúa, México, 2011, pp. 92-95.

CAPÍTULO 4. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y EL DRENAJE DE LA CIUDAD DE MÉXICO

4.1 Sistema hidráulico de la Ciudad de México

Para la segunda mitad del siglo XIX, los problemas de drenaje y abastecimiento eran ya de prioridad. Bastaba una lluvia para que se inundara parte de la ciudad, mientras que conforme seguía creciendo la población era necesaria la dotación de agua potable. Para el desagüe se decidió profundizar el drenaje, comenzando en Tequixquiac, por donde se había construido el socavón de Nochistongo, así como la construcción de un túnel que en conjunto con un canal se resolvería el problema. Se inauguró el Gran Canal en 1900, tenía una longitud de 47.5 kilómetros y el túnel 10 kilómetros, este desagüe puso al borde de la extinción a los lagos que cubrían gran parte de la ciudad; para la década de 1920 el ingeniero Roberto Gayol informó que la ciudad comenzaba a hundirse, con el inicio del Gran Canal se controló la descarga con las compuertas de San Lázaro, la conclusión fue que no se debía extraer más agua del acuífero. Con el paso del tiempo resultó insuficiente, ya en la segunda mitad del siglo XX se inició otra obra importante: el Drenaje Profundo, que está formado por 1353 kilómetros de túneles subterráneos que llegan a los 240 metros de profundidad. En el siglo XXI, con el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México se incluyen la construcción de las obras del Túnel Interceptor Río de Los Remedios, Túnel Emisor Oriente, plantas de bombeo, planta de tratamiento de aguas residuales en Atotonilco, Hidalgo, entre otras.¹³⁴

4.1.1 Infraestructura hidráulica de la Ciudad de México

En la Ciudad de México nuestro sistema de alcantarillado y drenaje es combinado. Para atender la demanda en cuanto a servicios de abastecimiento de agua potable

¹³⁴ Cfr. Comisión Nacional del Agua, El Agua y el Valle de México, Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua, Comisión Nacional del Agua, México, septiembre, 2012, pp. 138, 139, 147, 151 y 152.

y drenaje, la infraestructura de la ciudad cuenta con las redes más grandes y complejas del país, a nivel mundial es único, porque urbanizamos sobre un lago.

La infraestructura está integrada de la siguiente manera¹³⁵: está compuesta por redes de tuberías de agua potable y drenaje sanitario y pluvial, en conjunto suman más de 25 mil kilómetros; se cuenta con más de 450 plantas de bombeo para agua potable y desalojo de aguas residuales y pluviales; las redes de agua y drenaje, con más de 2500 instalaciones; la red de drenaje cuenta con 198 plantas de bombeo; la infraestructura fue desarrollada y construida a lo largo del siglo XX, por ende en la actualidad, muchos de los elementos que conforman este sistema ya resaltan haber terminado su vida útil, son obsoletos, rebasados en su capacidad de conducción, con fisuras; “existen acciones de alta prioridad que requieren de mayores inversiones y ejecución pronta, éstas están relacionadas con un rezago en mantenimiento, reposiciones y rehabilitaciones, principalmente, diferidas en el tiempo por falta de recursos humanos y económicos para ejecutarse de forma inmediata.”; la sobreexplotación de los acuíferos y la sobrepoblación causan que el suelo se deforme, provocando daños a las redes de tuberías.

En la **Tabla 4.1** se presenta como está compuesto el sistema de agua potable y el sistema de drenaje al 2013.

Tabla 4.1 Sistema de agua potable y sistema de drenaje de la Ciudad de México¹³⁶

Sistema de agua potable	Sistema de drenaje
<ul style="list-style-type: none"> • 567 kilómetros de acueductos • 1,273 kilómetros de red primaria • 11,971 kilómetros de red secundaria • 357 tanques de almacenamiento • 268 plantas de bombeo • 49 plantas potabilizadoras 	<ul style="list-style-type: none"> • 165 kilómetros de drenaje profundo y semiprofundo • 2,368 kilómetros de red primaria • 11,626 kilómetros de red secundaria • 145 kilómetros de colectores marginales • 198 plantas de bombeo y rebombeo

¹³⁵ Foro. *La Crisis del Agua en la Ciudad de México. Retos y Soluciones*, Universidad Nacional Autónoma de México, Red del Agua, UNAM, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, Gobierno de la Ciudad de México, 9 de diciembre de 2013, México, p. 7.

¹³⁶ Fuente: Foro. *La Crisis del Agua en la Ciudad de México. Retos y Soluciones*, Universidad Nacional Autónoma de México, Red del Agua, UNAM, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, Gobierno de la Ciudad de México, 9 de diciembre de 2013, México, p. 7.

- 976 pozos
- 69 manantiales

- 78 estaciones para la medición de tirantes

Es fácilmente reconocer todo el trabajo hidráulico que se ha elaborado desde los cimientos de construcción de la ciudad, para canalizar y separar las aguas en un principio y después dotar de agua potable y desalojar las descargas de aguas residuales fuera de la ciudad. El reflejo de la demanda para satisfacer los servicios es el kilometraje extenso del sistema de agua potable, Lerma-Cutzamala junto con diversas alternativas para el abastecimiento, y el sistema de drenaje, que desaloja los vertidos de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Conocer el sistema de drenaje, las fuentes de descarga, permite dar el idóneo tratamiento a las descargas para que cuente con la calidad deseada y se pueda reusar satisfactoriamente sin perjuicios de desequilibrio sanitario.

4.2 Tratamiento de las aguas residuales en la Ciudad de México

En el Capítulo Primero vimos que es fundamental conocer las características que presentan las aguas residuales para darles el tratamiento que corresponda y reusarlas. Para llevar a cabo esta tarea, en el año de 2007 la Ciudad de México, junto con el Estado de México y el Estado de Hidalgo, se anunció el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México, entre sus objetivos destacan: el tratamiento de las aguas residuales y el saneamiento de los cuerpos de agua de la Zona Metropolitana del Valle de México; ampliar la capacidad del drenaje y controlar inundaciones; desarrollar fuentes sustentables para abastecer mediante reciclado de agua; revertir la sobreexplotación de los acuíferos por intercambio de agua de primer uso por agua residual tratada y por la recarga de acuíferos; entre sus principales obras para alcanzar los objetivos, están para construir: el Túnel Emisor Oriente, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

en Atotonilco, Hidalgo; el Túnel Emisor Oriente; el Túnel Interceptor Río de los Remedios; plantas de bombeo.¹³⁷

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Atotonilco, se pretende que dé tratamiento a un gasto medio de 23m³/s en época seca y de 42m³/s en época de lluvia, el promedio sería de 34.5m³/s, que son aproximadamente 1088 millones de m³ al año. Con esta planta y otras se proyecta alcanzar el tratamiento al 100% de las aguas residuales de la Zona Metropolitana, debido a que actualmente sólo se trata el 10% y el resto se desaloja desde hace 100 años en la cuenca del Río Tula y para riego en el Valle del Mezquital.¹³⁸

La secuencia del sistema de las plantas de tratamiento de las aguas residuales de la Ciudad de México es la siguiente¹³⁹:

Como se mencionó anteriormente, el sistema de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de México comenzó con la planta de Chapultepec en 1956, el reúso fue para el riego de áreas verdes de parques y áreas públicas. Las siguientes plantas de tratamiento que fueron las construidas a finales de los años cincuenta, que son las de Ciudad Deportiva, San Juan de Aragón y Coyoacán que continúan operando. Durante la década de 1970, el impulso para el desarrollo del tratamiento de aguas residuales fue amplio, debido a la construcción y operación de la planta de Cerro de la Estrella y, para 1988 existían operando solo 9 plantas de tratamiento. Se construyeron entonces plantas de tratamiento en las unidades habitacionales de Nonoalco-Tlatelolco, El Rosario, Picos-Iztacalco, Pemex-Picacho; en los fraccionamientos de Acueductos de Guadalupe y Bosques de las Lomas, sin embargo, quedaron en estado de abandono o sin operar por lo que fueron donadas al entonces Departamento del Distrito Federal para ser rehabilitadas. Durante la

¹³⁷ Comisión Nacional del Agua, *El Agua y el Valle de México*, *Op. cit.*, pp. 147, 182.

¹³⁸ *Ibidem*, p. 186.

¹³⁹ Cfr. Riveros Olivares, Bruno, *Tratamiento de Aguas Residuales Municipales en la Ciudad de México*, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis que para obtener el Título de Ingeniero Civil presenta Bruno Riveros Olivares, Director de Tesis M. I. Alba Beatriz Vázquez González, Ciudad Universitaria, México, 2013, pp. 58-62.

década de los noventa, se construyeron 10 plantas de tratamiento de aguas residuales, el motivo principal fueron las medidas de control de la contaminación en barrancas de la zona sur de la ciudad. En esta misma década se dio otro reuso, el riego ya no solo para áreas verdes públicas, sino ahora para áreas verdes privadas como clubes de golf y deportivos e inició la promoción para las industrias y en servicios de lavado de autos.

“A fin de eficientar la operación de las instalaciones y aprovechar la experiencia de la industria privada en la comercialización se concesionaron 4 plantas de tratamiento: San Juan de Aragón, Coyoacán, Ciudad Deportiva y Acueducto de Guadalupe, de estas, las tres últimas se mantiene operando en este esquema y a partir del 2012 la planta Santa Fe se encuentra operando. Las plantas de San Lorenzo, El Llano y Santa Martha, tienen en conjunto una capacidad de 489 l/s, fueron diseñadas para remoción de nutrientes en el agua tratada, en el caso de Santa Martha su efluente es utilizado para contacto indirecto, ya que se utiliza en sanitarios del CEFERESO.”¹⁴⁰

En la actualidad se encuentra en construcción una planta que forma parte del rescate de los ríos Magdalena y Eslava, tendrá una capacidad de 50 l/s. Son 25 el número de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Los principales usos del agua residual son para riego de áreas verdes, llenado de lagos (se utiliza el 45% del agua tratada por el SACMEX), riego agrícola, industrial y comercial.

Para la Ciudad el tratamiento y reuso de las aguas residuales van asociadas y más si los objetivos son: la protección al medio ambiente, el equilibrio ecológico; protección y preservación del recurso hídrico; cuidar a la población, no enfermarla, y remarcando que actualmente continúa la Ciudad de México siendo el centro financiero y de desarrollo del país.

¹⁴⁰ *Ibidem*, pp. 58 y 59.

Dentro del Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México, mencionado en el inicio de este Capítulo, se incluyen cinco plantas de tratamiento de aguas residuales, con distintos niveles de calidad para las descargas, pero son solo dos las más importantes, debido a su extensión, al volumen que recibirán, al nivel de tratamiento y al tipo de reúso. Las dos más relevantes serán las de Atotonilco y la de El Caracol, en la **Tabla 4.2** se muestran las cinco plantas de tratamiento de aguas residuales antes mencionadas.¹⁴¹

Tabla 4.2 Construcción de cinco Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con diversos niveles de calidad de agua tratada.¹⁴²

PTAR	Gasto de diseño m ³ /s	Destino del agua tratada
Atotonilco	23 en estiaje 35 en lluvia	Riego agrícola y restauración de la calidad del acuífero del valle del Mezquital
El Caracol, Fase I	2	Programa Ecológico del Lago de Texcoco (PELT) y sustitución de agua de pozos para riego agrícola en Texcoco y San Mateo Atenco
El Caracol, Fase II	2 a 4	Tratamiento avanzado para recarga directa al acuífero
Zumpango	2	Riego agrícola y recuperación del Vaso de Zumpango
Vaso El Cristo	4	Sustitución de agua de pozos para riego agrícola en el valle de Cuautitlán
Berriozábal	2	Tratamiento de agua residual actualmente empleada en riego agrícola

Explicaremos a continuación las dos primeras plantas de tratamiento de aguas residuales, la de Atotonilco y la de El Caracol.

*Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco*¹⁴³

El proyecto de esta Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco, se licitó en un concurso público como un proyecto de participación privada y pública. El contrato fue asignado en febrero del año 2010 a un consorcio de empresas de

¹⁴¹ Comisión Nacional del Agua, *El Agua y el Valle de México, Op. cit.*, p. 221.

¹⁴² *Idem.*

¹⁴³ *Ibidem*, pp. 221-229.

ingeniería, la firma fue en julio del mismo año y las obras se comenzaron en octubre del mismo año.

La ubicación de esta planta estará ubicada a 60 kilómetros al norte de la Ciudad de México, cerca del portal de salida del Emisor Central y muy cerca de lo que será el portal de salida del Emisor Poniente, es a través de estos dos conductos que fluirá más del 75% del total del agua proveniente del Valle de México al Valle del Río Tula.

Los objetivos de esta planta son dotar de agua para riego en el Valle de Tula, favorecer la recarga y restauración del acuífero del Valle del Mezquital, que sea una nueva fuente de agua para el estado de Hidalgo y lo que es el área metropolitana de la ciudad de México. Se espera que una vez que entre en funcionamiento, se pueda potabilizar las aguas del acuífero de Tula.

En relación con la Ciudad de México, recordemos que es sólo una red de drenaje, que recibe las aguas residuales municipales, industriales, de lluvia cuando es época; con base en esto varían los flujos de agua del Túnel Emisor Central y variarán en el Túnel Emisor Oriente a lo largo del año; para ello, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco está formada por dos trenes de tratamiento: el primero, es un tren que funciona a toda su capacidad todo el año, se le conoce con el nombre de tren de procesos convencionales, los flujos de este tren pasan directamente a los canales de riego que suministran los distritos de riego del valle del río Tula y, el segundo tren de tratamiento, conocido con el nombre de tren de procesos químicos, sólo funcionará en época de lluvia, las descargas de este tren se vierten al río El Salto, que 20 kilómetros abajo llegan a la presa Endhó, que almacena agua en época de lluvia para que sean aprovechadas en época de sequía y aprovecharlas en riego agrícola. Ambos trenes están diseñados para recibir hasta un 20% de sobrecarga sin que perjudique la estructura.

Otra de las características principales de la Planta de Atotonilco es que, en el tren de procesos convencionales, se pretende conservar tanto como sea posible en las

aguas tratadas el nitrógeno y el fósforo y esto porque son nutrientes y son importantes en la agricultura, que se utilizará para los suelos del valle del Mezquital.

“un beneficio importante del mecanismo seleccionado para la disposición de los lodos es que habrá una emisión sustancialmente menor de gases de efecto invernadero (GEI). La reducción estimada en emisión de GEI derivada de la implementación de la Planta Atotonilco (de conformidad con la metodología AM0080, UNFCCC C, Comité Ejecutivo) es del orden de 145 000 T CO₂ equivalente por año. El proyecto de Atotonilco está actualmente en trámite de registro como un mecanismo de desarrollo limpio y, si el proceso tiene la aprobación, el proyecto estará en posibilidades de recibir bonos de carbono por la reducción en la emisión de GEI.”¹⁴⁴

El Valle de México es una cuenca cerrada sin salidas naturales, con el objetivo de evitar inundaciones se construyeron salidas artificiales para exportar el agua al Valle de Tula; estas aguas residuales sirven para regar aproximadamente 50,000 hectáreas, la **Figura 4.1** muestra la ubicación de la Planta de Atotonilco, próxima a la salida del Emisor Central y que el 75% de las descargas pasan por este punto.

*Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Caracol*¹⁴⁵

Al igual que la Planta de Atotonilco, esta planta de El Caracol es la segunda gran obra dentro del Programa de Sustentabilidad Hídrica del Valle de México, para dar tratamiento y reutilización de las aguas residuales.

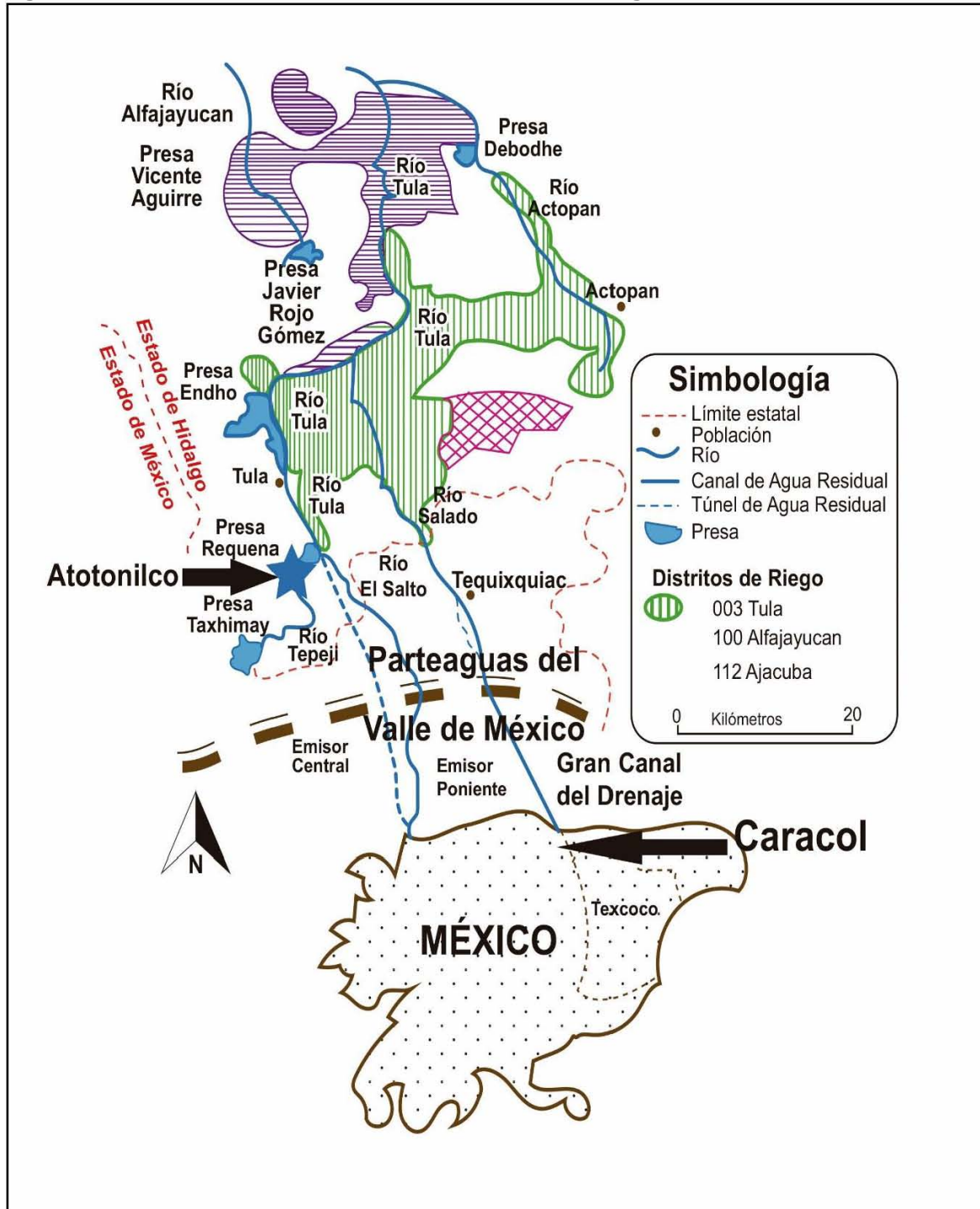
La ubicación de la Planta de Tratamiento El Caracol está en el límite norponiente de lo que fue alguna vez un campo de evaporación solar, en forma de caracol, que pertenecía a la empresa Sosa Texcoco, zona que actualmente es Federal, y que es

¹⁴⁴ *Ibidem*, p. 227.

¹⁴⁵ *Ibidem*, pp. 229-230.

el sitio ideal para poder obtener el caudal de agua negra y enviarla a los sitios de reuso.

Figura 4.1 Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco¹⁴⁶



¹⁴⁶ Comisión Nacional del Agua, *El Agua y el Valle de México*, Op. cit., p. 222.

La construcción de la planta se divide en dos etapas. En la primera etapa, el objetivo es producir agua de calidad para riego agrícola sin restricciones, debido a que el gasto de diseño en esta etapa es de 2 m³/s y el destino de agua tratada es del doble, una parte será para el riego agrícola y cancelación de pozos en servicio de aproximadamente 4500 hectáreas en los municipios de Atenco y Texcoco y, el resto será el desarrollo forestal y riego de las áreas verdes del Programa Ecológico Lago de Texcoco.

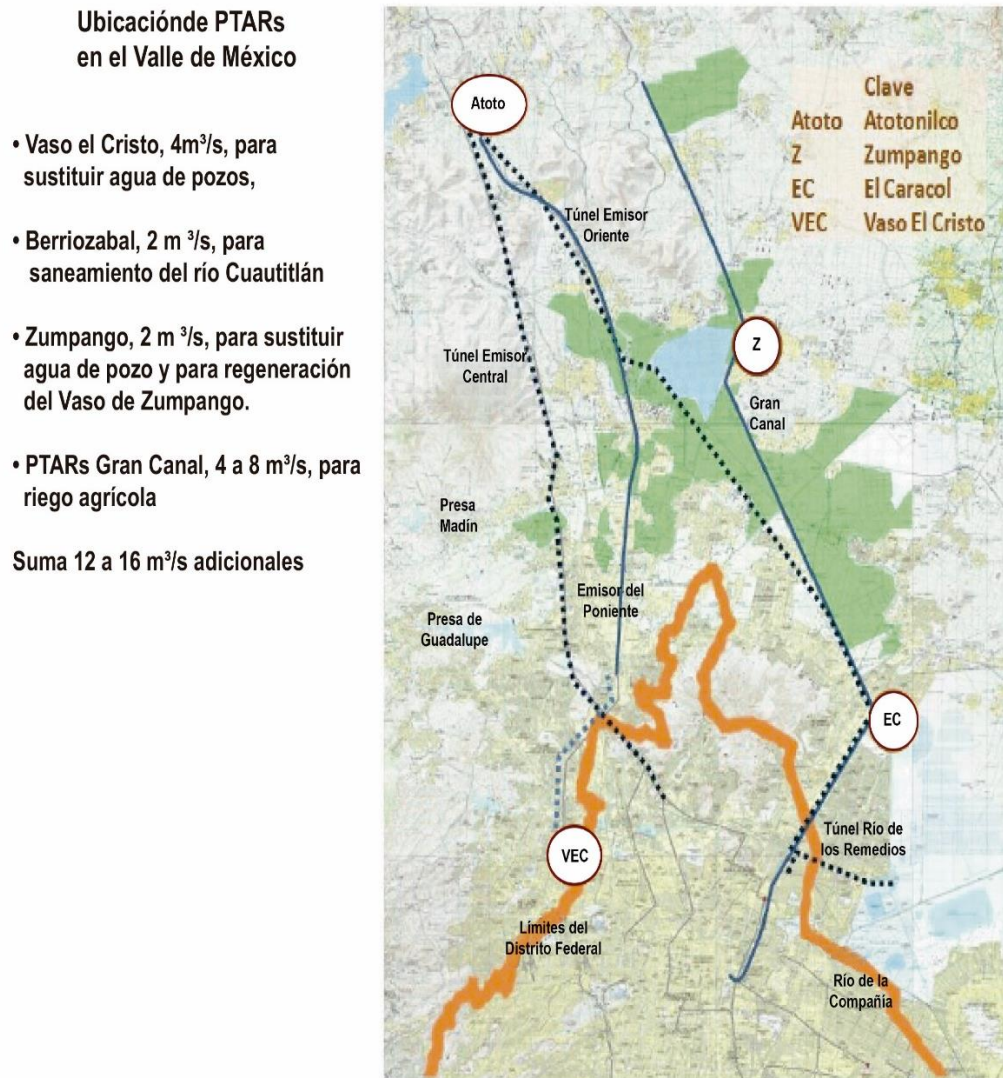
El proyecto de esta planta al igual que la de Atotonilco, se licitó públicamente con un contrato de prestación de servicios y con la participación pública y privada para el financiamiento.

En los estudios realizados, se llegó a la conclusión de que es una obra necesaria para revertir la sobreexplotación del acuífero de Texcoco. Para distribuir el agua tratada a la zona agrícola y a las áreas verdes del Programa Ecológico se tiene el apoyo del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México, es un ejemplo de coordinación de acciones para llevar a cabo el proyecto.

La segunda etapa tiene como objetivo producir agua con calidad similar a la potable a partir de aguas residuales para su almacenamiento, para recarga directa a los acuíferos Cuautitlán-Pachuca y Texcoco, y que después se utilice como fuente de agua potable. Para poder llevar a cabo la recarga de los acuíferos se han realizado estudios para conocer el potencial de recarga, las condiciones que se deban cumplir, estudios hidro-geoquímicos, modelos de laboratorio de tratamiento avanzado de aguas residuales, pruebas de recarga en pozos de experimentación, por mencionar algunos. Con los resultados que se han obtenido ya se han llevado a cabo modelos de flujo de los acuíferos para poder determinar la ubicación y las características que se deberán tener para el diseño de los pozos de inyección y del sistema de recuperación del agua almacenada en el acuífero.

En la **Figura 4.2** se muestra la ubicación de las Plantas de Tratamiento de las Aguas Residuales en el Valle de México, se percibe con relación al norte de la ciudad.

Figura 4.2 Ubicación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs) en el Valle de México¹⁴⁷



¹⁴⁷ Colegio de Ingenieros Civiles de México, Grupo del Agua, *La planta de tratamiento de aguas residuales El Caracol y el Programa de Sustentabilidad Hídrica del Valle de México*, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Agua y Saneamiento, Coordinación de Proyectos Especiales del Valle de México, Comisión Nacional del Agua, México, junio, 2012. Disponible en <https://es.slideshare.net/CICMoficial/la-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-el-caracol-y-el-programa-de-sustentabilidad-hidrica-del-valle-de-mexico>

Podemos decir entonces, que la planta de tratamiento de Atotonilco y la de El Caracol, la Obra del Túnel Emisor Oriente, forman parte de los proyectos del Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México, para sanear y eliminar de las aguas residuales de la Ciudad de México y de la Zona Metropolitana, los contaminantes, las grasas, aceites, patógenos y se mantendrán los nutrientes, o así es lo que se pretende, para cumplir con las normas, para mejorar la calidad de las aguas residuales y darles un reúso, para evitar o minimizar riesgos sanitarios, contrarrestar la sobreexplotación de los acuíferos, buscar alternativas para el abastecimiento de agua potable a partir de las residuales, ampliar la red de drenaje para evitar inundaciones, tratar las aguas residuales, y cuidar el agua.

Que el Túnel Emisor Oriente, tendrá 62 kilómetros de trayectoria, desde la Alcaldía de Gustavo A. Madero y el Estado de México hasta la planta de Atotonilco, canalizará las aguas residuales, desde las descargas, conducción para su tratamiento, saneamiento y reúso.

Que los convenios de coordinación entre alcaldías, municipios, entidades federativas funcionan con programas y proyectos como los mencionado en el Programa de Sustentabilidad Hídrica del Valle de México, con el objetivo de cumplir las obligaciones de servicio de sanear sus aguas residuales, dotar de agua potable, cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas, que para el caso de las dos plantas de tratamiento antes mencionadas, se pretende cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que indica los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, con la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, que especifica los límites máximos permisibles de contaminantes en lodos y biosólidos para su aprovechamiento y disposición final, con la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, que detalla las

especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

4.2.1 Instalaciones de acuerdo al tipo de tratamiento

La primera planta de tratamiento en la ciudad y en el país fue la de Chapultepec, en 1956, se reusaron las aguas en riego de áreas verdes; para 1988 había nueve plantas, que para entonces eran insuficientes; en los años noventa se construyeron otras diez plantas para tratamiento y control de la contaminación y se terminó en esta década la planta de tratamiento de Cerro de la Estrella, en Iztapalapa, el reúso en los noventa lo fue para áreas verdes privadas y se inició para que se utilizaran en procesos industriales y lavado de vehículos. A partir de la primera década del siglo XXI, las tres últimas plantas construidas, la de San Lorenzo, El Llano y Santa Martha, fueron construidas principalmente para remover nutrientes de las aguas residuales, en el caso de la de Santa Martha, se utilizan las aguas para los sanitarios del CEFERESO.¹⁴⁸

“Actualmente se cuenta en operación con 25 plantas de tratamiento que opera el SACMEX y, se dividen en: 17 plantas de tratamiento a nivel secundario, por el proceso convencional de lodos activados, con estas características se encuentran las plantas de Chapultepec, Bosques de las Lomas, Tlatelolco, San Juan de Aragón, Pemex-Picacho, Abasolo, Xicalco, Parres, Reclusorio Sur, La Lupita, San Nicolás Tetelco, San Andrés Mixquic, San Lorenzo, Santa Martha, Acueducto de Guadalupe, Ciudad Deportiva y Coyoacán; 4 plantas de tratamiento terciario, teniendo como base el proceso convencional de lodos activados y filtración en medio dual, están las plantas de Cerro de la Estrella, San Luis Tlaxialtemalco, San Pedro Actopan y Mixquic; 3 plantas de tratamiento terciario, teniendo como base: el proceso convencional de lodos activados, filtración en arena o zeolita y adsorción en carbón activado, para estos requisitos se tienen a las plantas de Picos Iztacalco,

¹⁴⁸ Cfr. Riveros Olivares, Bruno, *Op. cit.*, pp. 58 y 59.

El Rosario y Santa Fe y, por último 1 planta de tratamiento primario con reactor anaeróbico en flujo ascendente, es la planta de Rastro Milpa Alta y se encuentra fuera de servicio.

Para el abasto de agua residual las plantas disponen de 6 rebombes de agua residual y 16 km de líneas de conducción de agua residual a presión.

En los que respecta para la distribución, se cuenta con 174 km de red primaria de agua residual tratada, 680 km de red secundaria de agua residual tratada, 14 rebombes de agua residual tratada (no están incluidos los operados por otras instituciones), 12 tanques de almacenamiento, 13 cuellos de garza y 2 cárcamos de agua tratada”¹⁴⁹

Importante es tener conocimiento de las plantas de tratamiento que existen, es fundamental para llevar a cabo las operaciones necesarias y el mantenimiento adecuado de todas; el manejo y funcionamiento de las plantas es un trabajo en equipo, son operadas manualmente, la calidad del agua se lleva a cabo en los laboratorios de calidad, que como la Ley de Aguas Nacionales lo indica, se verifica que se cumpla con la calidad del agua tratada de las descargas de las aguas residuales y su reuso.

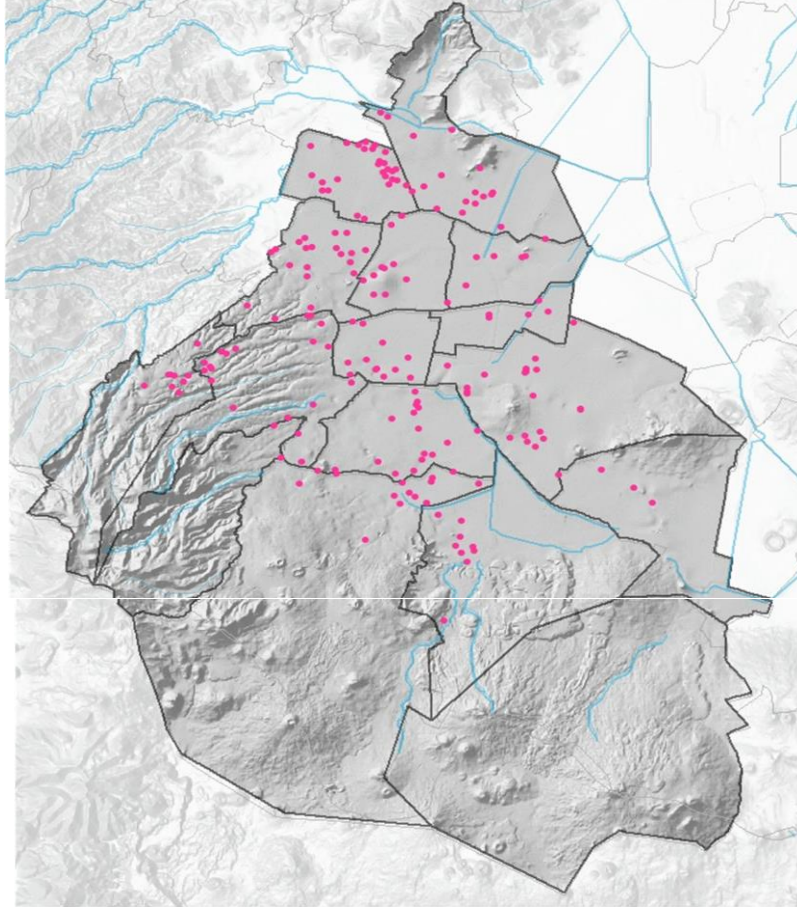
4.2.2 Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de México

Complementando los datos anteriores, a continuación, se presenta información publicada por la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Unidad Departamental del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes para el 2017, el Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 2014. En el cual se reporta lo siguiente:

¹⁴⁹ *Ibidem*, p. 59 y 60.

En la **Figura 4.3** se muestra la ubicación de los establecimientos que cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad y es fácilmente perceptible que la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales se ubican en el norte de la ciudad, que es la zona industrial y es la salida del desagüe de la ciudad.

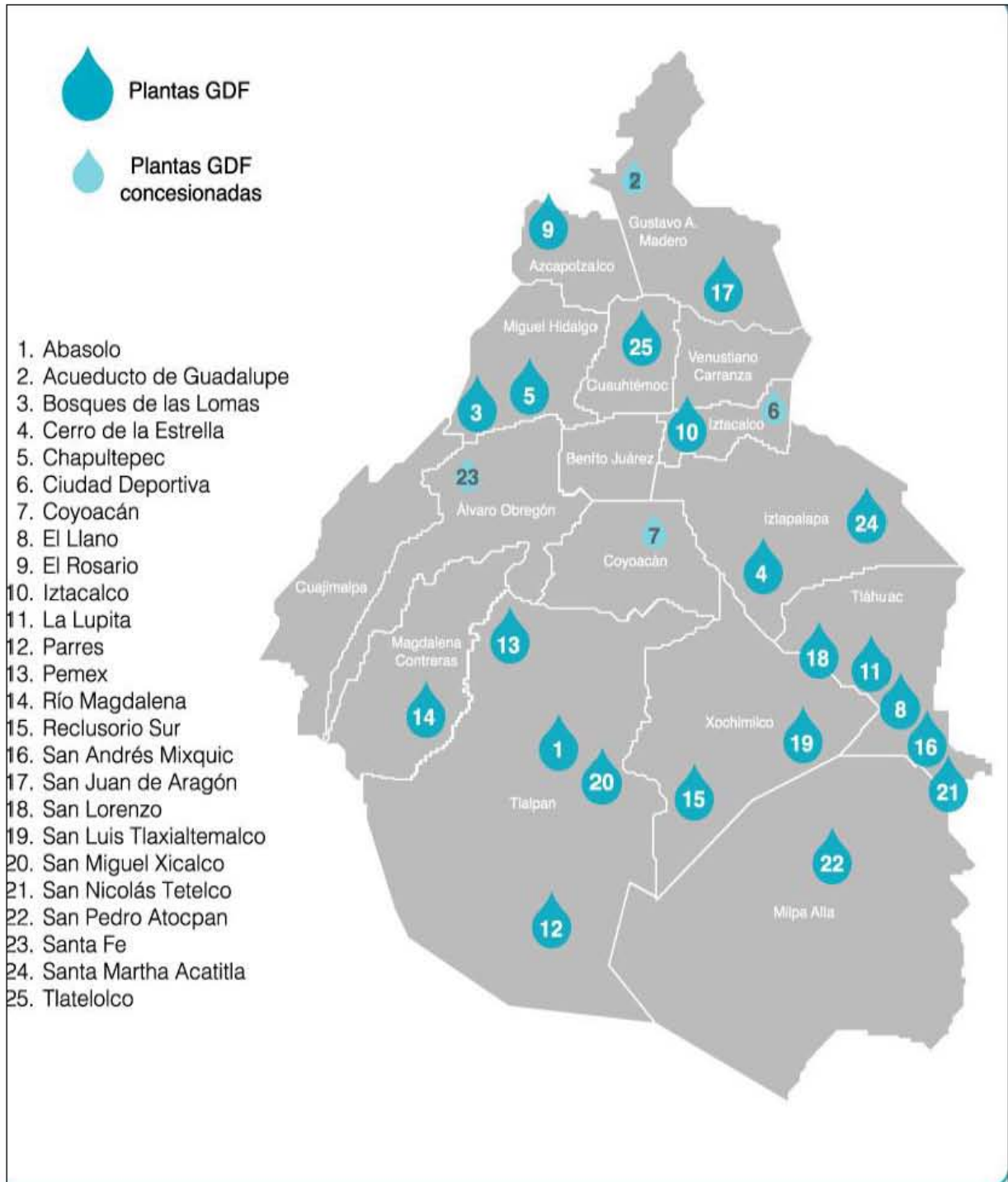
Figura 4.3 Mapa de la ubicación de los establecimientos que cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales en la Ciudad de México¹⁵⁰



En la **Figura 4.4** se muestra la ubicación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de México, son datos que presenta la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, son situadas únicamente 25 plantas de tratamiento, de las cuales sólo tres están concesionadas, se encuentran en las alcaldías de Álvaro Obregón, Coyoacán e Iztacalco.

¹⁵⁰ Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 2014, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Unidad Departamental del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, 2017, p. 9.

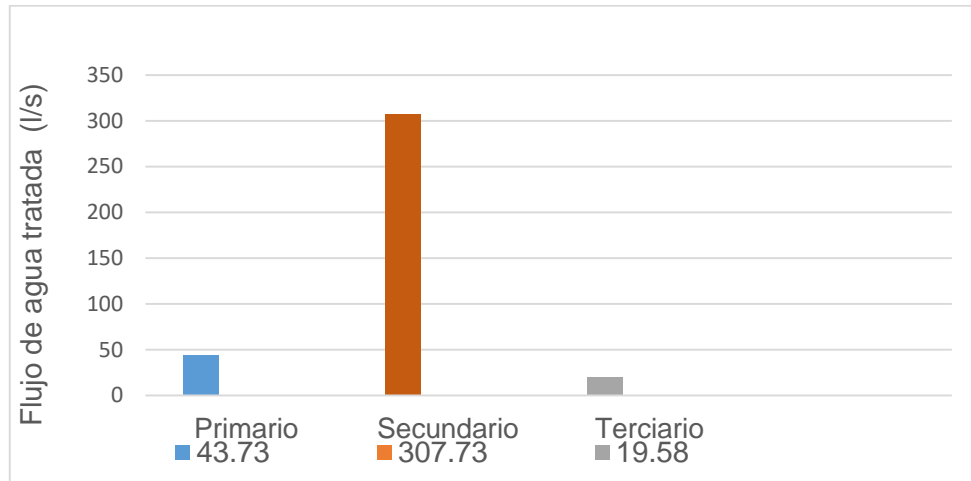
4.4 Ubicación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de México¹⁵¹



¹⁵¹ Gobierno de la Ciudad de México, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Cultura Ambiental, Cuidar es cosa de todos, en http://www.cuidarelagua.cdmx.gob.mx/plantas_tratamiento.html

La **Gráfica 4.1** muestra el flujo de agua residual por tipo de tratamiento que se da a las aguas vertidas, domina el tratamiento terciario en las plantas de tratamiento para las descargas de aguas residuales, el tratamiento primario y terciario sumados sólo dan el 17%.

Gráfica 4.1 Flujo de agua residual tratada por tipo de tratamiento en la Ciudad de México¹⁵²

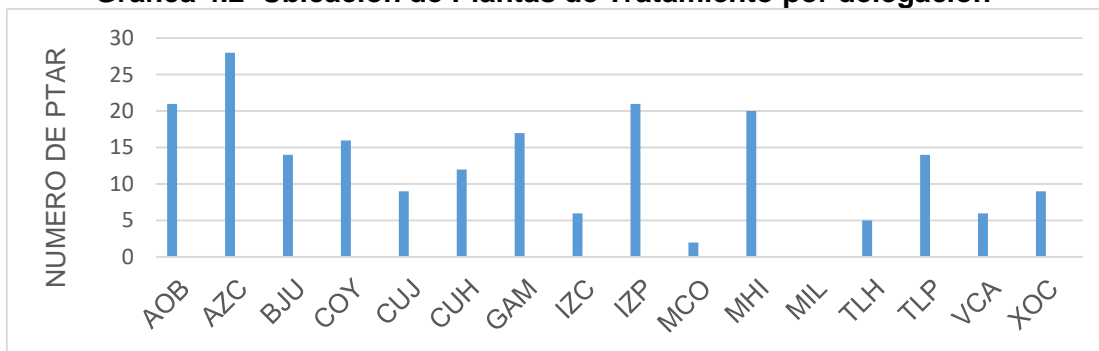


NOTA: El tipo de tratamiento que se le da a la mayoría de las aguas residuales descargadas por las fuentes fijas de la ciudad es el Secundario con el 83%, el primario con el 12% y el terciario con el 5%.

La **Gráfica 4.2** señala la ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales por delegación. Para el año 2014 se contó 200 plantas de tratamiento. El 45% de las plantas de tratamiento de aguas residuales se encuentran en Azcapotzalco, Álvaro Obregón, Iztapalapa y Miguel Hidalgo, es decir, las plantas de tratamiento se concentran en la zona centro y poniente de la ciudad.

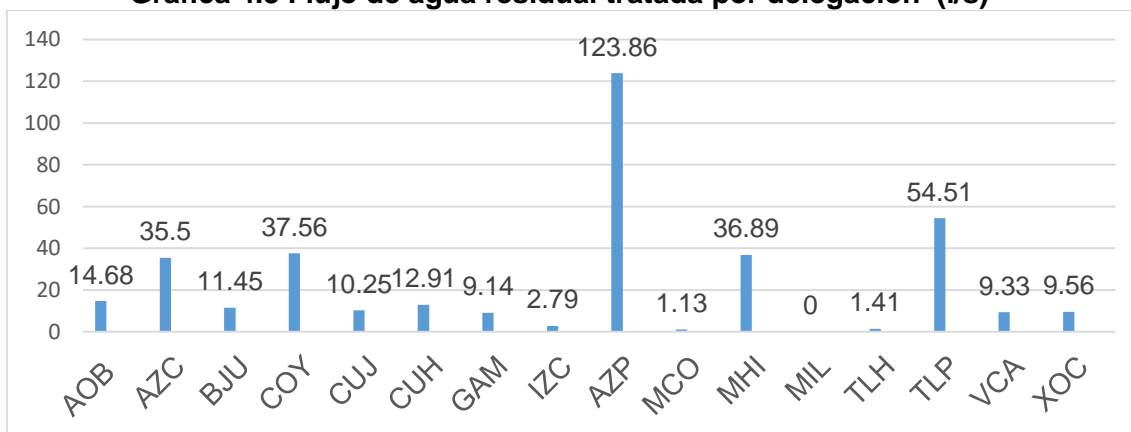
¹⁵² Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 2014, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Unidad Departamental del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, 2017, p. 24.

Gráfica 4.2 Ubicación de Plantas de Tratamiento por delegación¹⁵³



La **Gráfica 4.3** muestra el flujo de agua residual tratada por delegación. En el cual el flujo de agua residual tratada por delegación varía independientemente del número de PTAR ubicadas en cada delegación; por ejemplo, se observa que la delegación Iztapalapa presenta el mayor flujo de agua residual tratada, 123.8 l/s que representa el 33% del total del flujo tratado por las actividades reguladas a través de la LAUDF en 2014; en Tlalpan se registra el tratamiento del 15% del flujo, mientras que un 29% del flujo es tratado en 3 delegaciones: Coyoacán, Miguel Hidalgo y Azcapotzalco.

Gráfica 4.3 Flujo de agua residual tratada por delegación (l/s)¹⁵⁴

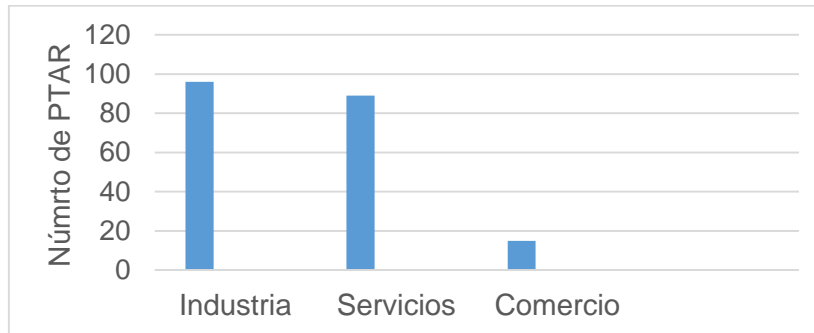


¹⁵³ Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 2014, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Unidad Departamental del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, 2017, p. 8.

¹⁵⁴ Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 2014, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Unidad Departamental del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, 2017, p. 10.

La **Gráfica 4.4** muestra el número de plantas de tratamiento de agua residual por sector económico. De las PTAR ubicadas en las fuentes fijas, el 48% corresponde al sector industrial, el 45% se ubican en el sector servicios, y el 7% al sector económico.

Gráfica 4.4 Número de plantas de tratamiento de agua residual por sector económico¹⁵⁵



La **Tabla 4.3** se observa que la mayor concentración de plantas de la industria se ubica en las delegaciones Azcapotzalco, Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Coyoacán, lo que se debe a que el manejo de las aguas residuales de procedencia industrial obliga a un tratamiento para su descarga dentro de la norma, dependiendo su complejidad o las características según el tipo de proceso económico, régimen de operación o incluso la época del año.

Tabla 4.3 Número de plantas de tratamiento de aguas residuales en cada delegación por sector económico¹⁵⁶

Delegación	Plantas de tratamiento de aguas residuales	Sector Económico		
		Industria	Servicios	Comercio
Álvaro Obregón	21	5	13	3
Azcapotzalco	28	22	5	1
Benito Juárez	14	2	11	1
Coyoacán	16	9	6	1

¹⁵⁵ Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 2014, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Unidad Departamental del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, 2017, p. 9.

¹⁵⁶ Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 2014, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Unidad Departamental del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, 2017, p. 13.

Cuajimalpa	9	1	8	0
Cuauhtémoc	12	4	8	0
Gustavo A. Madero	17	12	4	1
Iztacalco	6	5	0	1
Iztapalapa	21	18	2	1
Magdalena Contreras	2	0	2	0
Miguel Hidalgo	20	4	16	0
Tláhuac	5	4	0	1
Tlalpan	14	2	9	3
Venustiano Carranza	6	2	3	1
Xochimilco	9	6	2	1

La **Tabla 4.4** muestra que el sector industrial, la industria de la química es la que presenta mayor cantidad de PTAR, contiene varias composiciones y sustancias en sus aguas, se encuentran también un mayor número de establecimientos las actividades de fabricación de productos metálicos y alimenticios.

Tabla 4.4 Listado de subsectores de la industria que presentan PTAR en la ciudad¹⁵⁷

Industria	Número de plantas
Industria Alimentaria	15
Industria de la bebida y del tabaco	4
Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	4
Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	1
Fabricación de prendas de vestir	1
Curtido y acabado de cuero y piel, fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	1
Industria del papel	2
Impresión e industrias conexas	1
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	1
Industria química	25
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	2
Industrias metálicas básicas	6
Fabricación de productos metálicos	17
Fabricación de maquinaria y equipo	1
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	1

¹⁵⁷ Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 2014, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Unidad Departamental del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, 2017, p. 15 y 16.

Fabricación de equipo de transporte	3
Otras industrias manufactureras	8
Industria fílmica y del video, e industria del sonido	3
Total	96

La **Tabla 4.5** muestra el listado en el sector servicios, en donde destaca que la mayor parte del tratamiento de aguas residuales se realiza en establecimientos de servicios inmobiliarios.

Tabla 4.5 Listado en el sector servicios que presentan PTAR en la ciudad¹⁵⁸

Servicios	Número de plantas
Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	1
Servicios relacionados con el transporte	1
Servicios de almacenamiento	3
Servicios inmobiliarios	24
Servicios profesionales, científicos y técnicos	2
Servicios de apoyo a los negocios	4
Servicios educativos	6
Hospitales	9
Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos	15
Servicios de alojamiento temporal	15
Servicios de preparación de alimentos y bebidas	1
Servicios de reparación y mantenimiento	4
Servicios personales	4
Total	89

La **Tabla 4.6** muestra el listado en el sector comercio, las plantas de tratamiento se ubican en las tiendas de autoservicio y departamentales, en estos casos la mayoría de las PTAR están ubicadas en las plazas comerciales, siendo estos establecimientos los responsables de su operación.

¹⁵⁸ Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 2014, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Unidad Departamental del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, 2017, p. 16 y 17.

Tabla 4.6 Listado de subsectores en comercio que presentan PTAR en la ciudad¹⁵⁹

Comercio	Número de plantas
Comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales, para la industria, y materiales de desecho	1
Comercio al por menor de tiendas de autoservicio y departamentales	13
Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes	1
Total	15

Con las Tablas y Gráficas anteriores, presentamos y ubicamos como está el mapa de la ubicación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, más del noventa por ciento de las plantas que existen están en el norte de la ciudad, zona que es la industrial, y es la zona en donde se ubican el desagüe para tratar de evitar inundaciones y conducirlos hasta Tula, Hidalgo por el drenaje, sin embargo, es en Iztapalapa en donde el flujo de aguas residuales es mayor, recordemos que es aquí en donde se ubica una planta de tratamiento de aguas residuales, las aguas después de tratamiento se reúsan para riego en Xochimilco y Milpa Alta. Vemos que domina el tratamiento secundario, el sector industrial es el que cuanta con un mayor número de plantas de tratamiento y, es la industria química la mayor, lo que se debe a que el manejo de las aguas residuales de procedencia industrial obliga a un tratamiento para su descarga dentro de las normas, dependiendo su complejidad o las características según el tipo de proceso económico, régimen de operación o incluso la época del año y por el tipo de procedimiento.

4.2.3 Servicio y mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de México

Bruno Riveros¹⁶⁰, hace mención con la información recabada en el Sistema de Aguas de México (SACMEX), acerca de cómo opera para dar mantenimiento y

¹⁵⁹ Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 2014, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Unidad Departamental del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, 2017, p. 17.

¹⁶⁰ Riveros Olivares, Bruno, *Op. cit.*, pp. 60-62.

servicio de agua potable y saneamiento en la ciudad de México, se reportó lo siguiente:

Las plantas de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de México son operadas manualmente, con la ayuda de los laboratorios de control de proceso instalados en las principales plantas; la calidad del agua tratada es analizada quincenalmente por el Laboratorio Central de Control de la Calidad que vigila el cumplimiento con los criterios y normas que regulan las descargas de agua tratada y su uso.

Las plantas de tratamiento que operan en la ciudad continúan utilizando los procesos con los que fueron diseñadas, en algunos casos se han realizado modificaciones para mejorar la calidad, optimizar el proceso y reducir costos, ejemplo son la de Tlatelolco, Reclusorio Sur, San Pedro Actopan, San Andrés Mixquic y Cerro de la Estrella.

Debido a la importancia y relevancia del sistema de tratamiento de aguas residuales, las plantas operan las 24 horas del día los 365 días del año, se emplean más de quinientas personas: operadores, personal de mantenimiento, administrativo y técnicos. Entre las actividades que desempeña el personal operativo, están: la supervisión del funcionamiento de equipos electromecánicos; las maniobras y supervisión del funcionamiento de los diferentes tanques de proceso; las maniobras operativas; el registro de actividades; la supervisión operativa de niveles en canales, descargas de agua tratada y funcionamiento de estaciones de bombeo; el informe de equipo en mal estado; la reparación de fugas; la atención a quejas por fallas de agua.

El personal de mantenimiento se encarga de las reparaciones a los equipos electromecánicos dañados por el uso, a las instalaciones civiles, por ejemplo: la reparación e instalación de equipo de bombeo de diferentes capacidades y tipos; la revisión de motores y líneas de conducción de energía eléctrica; el mantenimiento

al alumbrado en áreas de tránsito y proceso; la revisión de sopladores de aire; la limpieza de difusores de aire y reparación de fugas de aire; el mantenimiento a válvulas; la reparación de sistemas de rastreo primario o secundario, el cual consiste en el cambio de piezas dañadas; la revisión y en su caso reparación de reductores de velocidad; el maquinado de piezas especiales en taller de torno; la construcción de bases para equipos de bombeo, motores y sopladores o rehabilitación de las existentes; la limpieza y desazolve de cárcamos de agua residual, destape de drenajes en áreas de proceso; el sellado de fugas de agua y filtraciones en tanques de proceso y cárcamos; las maniobras con grúas hidráulicas para instalar equipo; las excavaciones de reparaciones de fugas o mantenimiento a la red primaria; los mantenimientos preventivos; los trabajos en tuberías de acero; la reparación de fugas de agua residual y residual tratada, en vía pública.

Los trabajos realizados son actividades coordinadas y supervisadas por el personal técnico, en este personal se encuentran los laboratoristas encargados del muestreo, análisis e interpretación de resultados para el control de proceso y calidad del agua tratada.

Si actualmente la producción de agua tratada es inferior al caudal de diseño de cada instalación se debe principalmente a: que se requieren recursos humanos para la operación y mantenimiento de las instalaciones; se requiere medición de efluentes y corrientes internas para control de proceso; existe falta de mantenimiento mayor al equipamiento electromecánico; hay deterioro por el paso del tiempo de las estructuras civiles; es deficiente el diseño de las operaciones unitarias de las plantas; faltan sistemas de tratamiento de lodos de desecho; no hay capacitación al personal técnico y operativo que maneja las instalaciones; se requiere actualización tecnológica.

Un ejemplo de lo anterior son las plantas de tratamiento de Chapultepec, Ciudad Deportiva, San Juan de Aragón, Coyoacán, Rosario-Azcapotzalco, San Luis Tlaxialtemalco, Tlatelolco y Bosques de las Lomas, que han sido rebasadas por la

demanda de los usuarios, se requiere de la ampliación de una reestructuración de las instalaciones para que procesen una mayor cantidad de agua residual, y se de abasto para la satisfacción de la demanda.

Se necesita por la importancia del tema hídrico, de la actualización constante del estado y funcionamiento de la infraestructura hidráulica, de todo lo que conlleva el tratamiento de las aguas residuales, desde su captación y conducción hasta su disposición final. Se trata de evitar no solamente inundaciones en época de lluvia, sino de conocer para actuar, para desarrollar tecnología propia en tratamiento de aguas residuales, crear una verdadera cultura del agua, una ley y normas que establezcan las bases, derechos y obligaciones para la prestación de servicios relacionados con el agua, drenaje y el saneamiento, con reglas de recuperación de costos, participación de los sectores sociales, privados y públicos que sea delimitada y marcada jurisdicción del recurso hídrico; hay deficiencias, como las señaladas en párrafos anteriores, hay también proyectos para sanear las aguas, darles un reúso, dar mantenimiento a la infraestructura hidráulica, capacitar al personal y no inundarnos.

4.2.4 Usos de las aguas residuales en la Ciudad de México

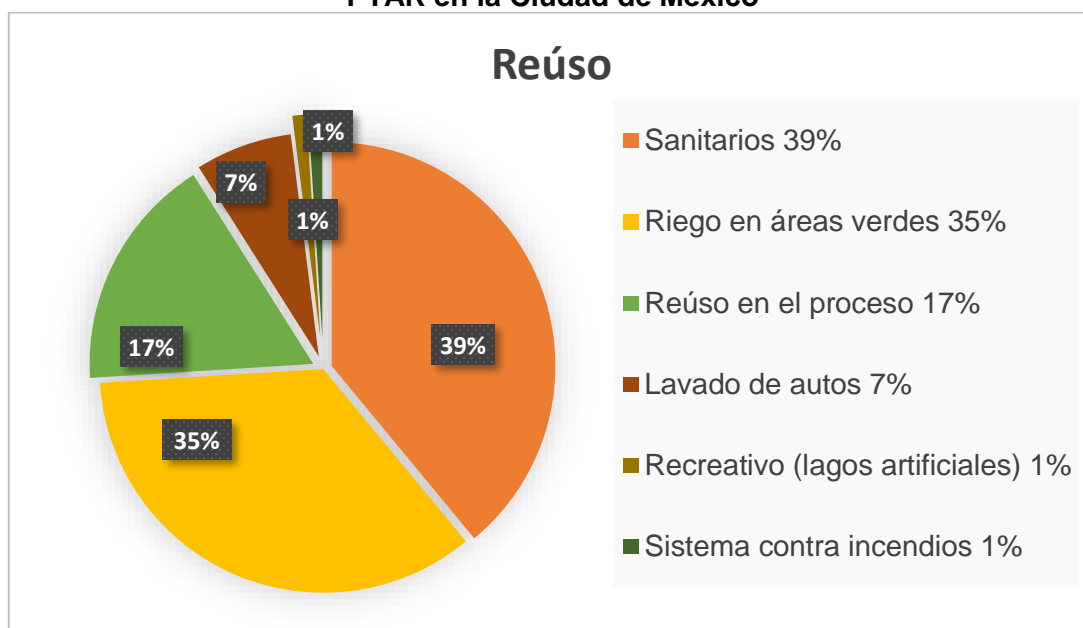
Como hemos conocido, todas las descargas sin importar cuál sea el origen, domésticas, industriales, agrícolas, llevan contaminantes y, aunado a que se descarguen sin tratarlas, provoca que se contaminen más y que contaminen los cuerpos receptores, poniendo en riesgo la salud humana y el equilibrio del ambiente.

Es por ello que parte del trabajo de la ingeniería ambiental y de la ingeniería civil-hidráulica en general para las aguas residuales, es considerar la cantidad y calidad, ambos aspectos determinarán el tratamiento y los usos.

Se utiliza en la Ciudad de México, como ya vimos, las aguas residuales con un tratamiento básico para el riego de áreas verdes públicas y privadas, en usos

sanitarios con el objetivo de disminuir el consumo de agua potable en aquellas actividades en donde no se requiera y, reunir la calidad determinada para el reúso; en este sentido en el Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales 2014 para el 2017¹⁶¹, 72 establecimientos manifestaron haber utilizado aguas residuales tratadas en procesos en los cuales no se necesita agua potable, dando así, un reúso para aguas residuales tratadas, este reporte lo podemos ver en la **Gráfica 4.5**, predomina el uso en sanitarios, con un 39%, le sigue el uso para regar áreas verdes con el 35%, para procesos industriales en donde no se requiera agua potable, solamente es reusado en un 17%, para lavar autos un mínimo de 7%, y con un 1% es sólo para apagar incendios y recarga de lagos artificiales; con esto se demuestra que aún hace falta promover el reúso del agua tratada para diversos fines, para ello, antes hay que desarrollar tecnología e investigación para desarrollar una efectiva política de tratamiento de aguas residuales, que se cumpla con las calidades necesarias para darles el correcto reúso en diversas aplicaciones que se le pueden dar.

Gráfica 4.5 Uso del agua residual tratada por los establecimientos que presentan PTAR en la Ciudad de México



¹⁶¹ Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 2014, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Unidad Departamental del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, 2017, p. 26.

En el año 2013 el Banco Mundial¹⁶² presentó porcentajes del reúso de las aguas residuales de la Ciudad de México, con datos de la CONAGUA del 2012, en donde se manifiesta que se generan "...52 m³/s (1640 hm³/año) de aguas residuales, el tratamiento de estas podría representar una fuente potencial de agua. A pesar de esto, actualmente solo un poco más de un 12% o 6,1 m³/s (192 hm³/año) de esta cantidad es tratada y reutilizada dentro del Valle para uso público urbano (2,1 m³/s o 66 hm³/año), industrial (0,5 m³/s o 16 hm³/año) y agrícola (3,2 m³/s o 101 hm³/año). Las aguas servidas son tratadas con ayuda de 102 plantas de tratamiento operadas por los varios Gobiernos del Valle, con una capacidad total instalada de tratamiento de 10,9 m³/s. El resto y mayor parte del agua de reúso es transportada sin tratamiento desde la cuenca hasta el Valle del Mezquital, para la irrigación de campos agrícolas."¹⁶³

Sin olvidar que un punto importante, sino es que fundamental y como bien se considera es que "Después del tratamiento de las aguas residuales se presenta el problema de lo que se ha de hacer con los contaminantes removidos, y se puede afirmar que representa uno de los mayores retos de la ingeniería ambiental. Sólo una parte de los materiales contaminantes se descomponen realmente en la mayoría de los procesos de tratamiento, y el resto aparece en la forma de algún tipo de concentrado. Por tanto, el proceso de tratamiento constituye, de hecho, un proceso de separación donde el agua se separa en un volumen grande de corriente tratado y una menor corriente de contaminantes concentrados. En el caso de los procesos de tratamiento de aguas residuales municipales, por ejemplo, la corriente concentrada está constituida por lodos biológicos y la eliminación de éstos constituyentes pudiera representar aproximadamente la mitad del costo total del tratamiento. Este efecto ha quedado resumido en el aforismo de que nunca es

¹⁶² "Agua Urbana en el Valle de México: ¿un camino verde para mañana?", Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Banco Mundial, Ministerio de Economía y Hacienda del Gobierno de España, Comisión Nacional del Agua, Asociación Nacional de Empresas y Saneamiento, A.C., México, 2013, p. 14.

¹⁶³ *Idem.*

posible deshacerse en su totalidad de la contaminación y solo desviarla a un contexto más aceptable.”¹⁶⁴

Para ello en México y en la Ciudad de México se considera la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 Lodos y biosólidos, Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

4.3 Drenaje de la Ciudad de México

Sin duda, la cuenca de México, el drenaje de la Ciudad de México es una obra civil que merece toda la atención y mantenimiento, es reflejo de inteligencia e ingenio para desarrollar obras relacionadas con el agua, en un inicio y como hasta ahora, para evitar inundaciones y antes para separar las aguas saladas de las dulces. Como hemos mostrado, se han construido salidas artificiales, llamadas drenes, para sacar las aguas residuales, para apoyar a este objetivo se han instalado túneles, bombas, plantas, lumbreras, canales y más, se ha logrado un extenso kilometraje para desalojar las descargas para llegar al Estado de Hidalgo, al Valle de Tula.

4.3.1 Evolución histórica del drenaje de la Ciudad de México

Para comenzar recordemos que el suelo de la ciudad está formado por depósitos de rocas volcánicas, sedimentos fluviales, lacustres, arenas gruesas, arcillas con depósitos de agua.

La cronología del desagüe de las aguas residuales de la Ciudad de México, la mostramos a continuación:

¹⁶⁴ Comisión Nacional de Agua, *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Introducción al Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Agua, Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, México, sexenio 2012-2018, p.18, 19.

En la época prehispánica¹⁶⁵

Hace 50 millones de años predominaba la actividad volcánica en la que se formó la cuenca de México, y para el Postclásico (900-1521 d.C.), la cuenca incluía siete lagos de diferentes propiedades, eran Apan, Techac, Tecocomulco, Xaltocan, Texcoco, Chalco y Xochimilco. En **1300 d.C.** se construye la calzada de Tenayuca, que funcionaba como dique, por estas fechas también se construye la calzada de Nonoalco; para **1328** la isla ya presenta inundaciones. En **1429** se termina la calzada de Tepeyac y, en **1432** que es la caída de Azcapotzalco, los mexicas comienzan la construcción de la calzada de Iztapalapa. En **1435** el río Cuautitlán es canalizado; nuevamente en **1449** ocurre una gran inundación. Para separar al lago de Texcoco, se construye en 1449 el Albarradón de Nezahualcóyotl. En **1466** Nezahualcoyotl manda a construir el acueducto que iba de Chapultepec a la isla de México-Tenochtitlán. El Albarrón de Ahuízotl se construyó en **1499**, con el fin de evitar más inundaciones.

Época Colonial¹⁶⁶

Las primeras obras hidráulicas datan del siglo XVI principalmente en Mesoamérica que era y sigue siendo en donde hay más agua. Se tiene conocimiento que se captaba, conducía, almacenaba y se distribuía el agua pluvial para uso doméstico, sus conductos eran para evitar inundaciones. Los primeros acueductos fueron hechos de tierra, eran bajos y cortos; en una segunda etapa eran varas y troncos tejidos con piedras, tierra y césped, posteriormente fueron rampas de cal y estucadas.

En esta era prehispánica son conocidos tres acueductos que pertenecen a la cuenca del valle de México, ubicados en:

- a) Chapultepec;
- b) Acuecuexco (Coyoacán);
- c) Tetzcotzinco (Acolhuacan);

¹⁶⁵ Comisión Nacional del Agua, El Agua y el Valle de México, *Op. cit.*, p.146.

¹⁶⁶ *Ibidem*, p.9.

El de Chapultepec y Acuecuexco tenían la misión de abastecer Tenochtitlán, medía 12 km de largo y 7 de ancho, con estos se evitó inundaciones y se impedía que las aguas saladas de Texcoco se mezclaran con las dulces de Xochimilco y Chalco¹⁶⁷; mientras que el de Tetzcotzinco fue conocido como los “baños de Nezahualcóyotl”, funcionó para irrigar, recrear y para uso doméstico¹⁶⁸. Se mantuvieron con pocas modificaciones cuando llegaron los españoles y hasta finales del siglo XIX, se le añadieron fuentes públicas.

Ahora bien en cuanto al desagüe eran acequias que atravesaban la ciudad de poniente a oriente para desaguar en el lago de Texcoco, todas contaban con compuertas para evacuar¹⁶⁹; los canales eran subterráneos, hechos de tierra y argamasa (cal y arena), llegaban a conectarse con canales que servían para humedecer las parcelas. Otra práctica era que había barcas en donde se depositaban los desechos orgánicos de las personas y cuando se llenaban, se vendía como abono, y hay autores que dicen que en todo el camino había chinampas en donde la gente depositaba sus excrementos, pero no datos precisos de esto; también había en cada hogar vasijas en donde depositaban sus orinas para que después se utilizaran en la tintura de las telas; las heces se vaciaban como abono en las chinampas o en tierras aledañas.

En Tenochtitlán se sabe que se emplearon alcantarillas, tuberías de barro ensambladas, acueductos subterráneos de piedra basáltica labrada, cuyos tramos se unieron con chapopote o mezcla que se combinaron con pozos, cisternas, estanques y otros depósitos de agua, superficiales y subterráneos. Las obras hidráulicas que se emplearon estuvieron enfocadas en controlar los niveles de agua para las chinampas, los canales, asentamientos, toda una red varias dimensiones

¹⁶⁷ Sánchez Espinoza, José, *Evolución de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental en México*, Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, Secretaría General de Obras, Departamento del Distrito Federal, primera edición, octubre, 1994, p. 27.

¹⁶⁸ Comisión Nacional del Agua, *El Agua y el Valle de México*, Op. cit, p. 11.

¹⁶⁹ Sánchez Espinoza, José, *Op. Cit*, p. 33.

que permitió la comunicación de toda la cuenca y de las chinampas, que eran suelos artificiales en donde construyeron sus hogares y sus cultivos.

Con la conquista española se introdujo nuevos materiales para la construcción, entre las nuevas técnicas están: la palanca, acueductos sobre arquerías (para librar accidentes topográficos), cajas para el control de flujos, compuertas, animales de trabajo, molinos, presas construidas con piedra cortada, cementada y mampostería, otras con contrafuertes y presas de almacenamiento.

Un servicio nuevo fue en la época novohispana, fueron los lavaderos colectivos, unos eran públicos y otros privados; acueductos subterráneos (son túneles y pozos que se hacen para encontrar agua freática, que sirven para irrigar y para conducir agua), también se utilizaron para recolectar agua pluvial.

A partir de que los españoles llegaron, se construyó la ciudad destruyendo lo que estaba, edificaron como si fuera un suelo seco, compacto y fue hasta después de las cinco grandes inundaciones en los años de 1555, 1579-1580, 1604, 1607 y 1623 que se decidió desarrollar el drenaje a principios del siglo XVII¹⁷⁰.

Siglos XVII y XVIII¹⁷¹

En **1607** Enrico Martínez dirige las obras de Nochistongo, que es el primer desagüe artificial de la cuenca, se terminó en **1789**; de **1620 al 1790**, se construye el acueducto Arcos de Belén. Una de las peores inundaciones se dio en **1629**, se prolongó por cinco años.

Para **1788** se obligó a los propietarios de las casas a instalar letrinas conectadas a la red de albañales; para **1792** se les pidió a los maestros que cuando construyeran

¹⁷⁰ Comisión Nacional del Agua, *El Agua y el Valle de México, Op. cit.*, p. 25, 32.

¹⁷¹ Comisión Nacional del Agua, *El Agua y el Valle de México, Op. cit.*, p.146. Y, Comisión Nacional del Agua, *Semblanza histórica del agua en México*, Editorial Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua de la Comisión Nacional del Agua, México, D.F., 2009, p.32-40.

casas en calles donde hubiera atarjeas subterráneas, los inmuebles tendrían letrinas de caja y pozo profundo;

Siglo XIX¹⁷²

Lucas Alamán, en **1832**, redactó una iniciativa sobre el desagüe en el que planteaba la desecación de los lagos y su aprovechamiento y en **1853** Antonio López de Santa Anna creó cinco ministerios, uno de ellos era el Ministerio de Fomento, Colonización e Industria y Comercio, una de sus tareas era construir el desagüe de la ciudad de México, iniciado en la época colonial.

En **1850** se creó la Junta Superior de Desagüe. En **1856** se publica un Decreto por el que se crea una junta de propietarios para designar la suma y modo en que ha de contribuirse para la ejecución de las obras hidráulicas del desagüe del Valle de México; y, en **1857** se otorgó un premio a Francisco de Garay, presentó un proyecto para aprovechar la sobreabundancia de agua para generar transporte, canalización e irrigación y la plena desecación de los lagos. En **1876** se planteó un proyecto para resolver el problema del drenaje y el desagüe de la ciudad; y en **1878**, comienzan los trabajos para el sistema de drenaje conformado por el Gran Canal del Desagüe y el Túnel de Tequixquiac.

El contrato que se celebró para llevar a cabo la canalización y el desagüe de la ciudad fue en **1881**, la primera etapa terminó en 1900, después de años en donde se contrató a ingenieros mexicanos y extranjeros, que para todos fue un verdadero reto diseñar para desaguar, la obra se dio por concluida con 10,021.79 metros de túnel, el túnel de Tequixquiac, recordemos que fue ahí porque en **1856** las lluvias provocaron grandes devastaciones a lo que Ignacio Comonfort convocó a ingenieros nacionales y extranjeros a presentar un proyecto de desagüe en el que se cumplieran cuatro objetivos:

¹⁷² *Idem.*

- a) Que las aguas que hay y que entran al Valle se controlen para que la población siempre esté libre de inundaciones;
- b) Que el desagüe de las atarjeas de la ciudad sea vía libre, y si es posible, que se introduzca por ellas alguna corriente perpetua para que arrastre y evite la limpia anual;
- c) Que se abra dentro del valle y en todas direcciones el mayor número posible de canales para transporte y comunicación;
- d) Que al mismo tiempo se aproveche en riegos, dentro del valle, la mayor cantidad del agua útil para ese objeto.

Se presentaron siete proyectos y el seleccionado fue el del ingeniero Francisco de Garay, propuso un canal que partiría de la exgarita (torrecilla/división) de San Lázaro y terminaría en Tequixquiac, fue relegado su proyecto y durante la presidencia de Juárez se hizo el tajo de desemboque en Tequixquiac de más de 2 km de longitud y profundizar para las 24 lumbreras.

Durante **1886-1889** se consideraron trabajos para la ejecución posterior del canal (obras del túnel). El plan era dividir el canal en dos secciones, limitadas por el dique del lago de San Cristóbal, armar dos o tres dragas a distintos niveles hacia el norte hasta el origen del túnel, y otra para excavar al sur hasta la ciudad, se proponía construir puentes para el paso del agua, ferrocarriles y caminos. Para **1892** ya funcionaban las cinco dragas. En **1902** quedó concluido la entrada del túnel y la presa en que debía establecerse la conexión con el Canal. A la par de esta obra, se realizaban también los trabajos de alcantarillado y saneamiento de la ciudad, pero como los desechos circulaban por la nueva red y llegaban a la garita de San Lázaro, donde se levantaban y se expulsaban por medio de bombas al lago de Texcoco, hizo más costoso el desagüe artificial porque era demasiado el volumen de los desechos¹⁷³.

¹⁷³ Sánchez Espinoza, José, *Op. cit.*, p. 266.

A finales del siglo XIX los ingenieros propusieron un cambio para modernizar el sistema de agua, elevando el consumo per cápita, poniendo una red de tuberías conectadas. A finales de 1800 e inicios de 1900 había empresas privadas de agua, dedicadas a abastecer agua potable, al sistema de drenaje y a venderla para usos urbanos, industriales y agrícolas.

Siglo XX¹⁷⁴

Iniciando el siglo XX, el 17 de marzo de **1900** se inauguró todo el sistema de desagüe de la cuenca de México, el Gran Canal de Desagüe, su función de desalojar las aguas residuales y pluviales, cuatro meses después la ciudad sufrió de nuevo otra inundación. En **1906** se cava en Nativitas el primer pozo en la ciudad para extraer agua. En la década de los 20 la ciudad vuelve a inundarse.

La primera red drenaje por gravedad, que descargaban al Gran Canal y al lago de Texcoco se terminó en **1930**, en ese mismo año, ya se extraía agua de 350 pozos.

En **1932** se prolongó en 500 metros el gran colector Sur, se trazó por la calle de Doctor Lucio y se construyeron las atarjeas de Azcapotzalco, Álvaro Obregón y Balbuena, se dice, que con estas obras se evitó inundación; un año después en **1933** se realizaron obras como el colector 9 para las colonias Peralvillo, Vallejo, Valle Gómez y Rastro; el colector 10 para Maza, Magdalena Mixuca, Obrera, Doctores y Roma Sur; en la Del Valle se pusieron los colectores 12, 14 y 16 porque sus atarjeas eran demasiado deficientes.

Los primeros 18 pozos profundos, de entre 100 y 200 metros, se perforaron a partir de **1936**, dio comienzo a la explotación intensiva del manto acuífero.

Por inundaciones, sobrepoblación y hundimientos, se amplió el Gran Canal y la construcción del segundo túnel de Tequixquiac en **1940**.

¹⁷⁴ Comisión Nacional del Agua, *El Agua y el Valle de México*, Op. cit., pp.146, 147. Y, Comisión Nacional del Agua, *Semblanza histórica del agua en México*, Op. cit., p.32-40.

Llegando a **1950** ya se extraía agua de 700 pozos. En ese mismo año el descenso del subsuelo había ya llegado a los 5 m, causando que no se evacuaran bien las aguas residuales, había encharcamientos de aguas negras que generaban mal olor e insalubridad, así como inundaciones y daños a bienes inmuebles, con todo esto, se pensó que la mejor solución era instalar varias plantas de bombeo para descargar todos los colectores hacia el Gran Canal del Desagüe, con una capacidad de 60m³/s, el máximo sería de 40m³/s y una capacidad de 20m³/s para emergencias, que también se desarrollaron los proyectos de las estaciones de bombeo, que contenían estructuras para la desviación de los colectores, cárcamos de bombeo, casetas de operación, subestaciones de energía eléctrica. En total hubo siete estaciones de bombeo.

El desagüe del Valle de México consta de tres partes fundamentales:

- a) El *Gran Canal*: partía al oriente de la ciudad, en las compuertas de San Lázaro, con una desviación al noreste, pasando entre la sierra de Guadalupe y los terrenos del borde de Texcoco, luego cambiando de rumbo para atravesar el lago de San Cristóbal y concluir antes de tocar el túnel en Zumpango.
- b) El *túnel*: con 10 km, tenía una sección formada por cuatro arcos, el ancho mayor del túnel era de 4.18 revestido de ladrillo en la parte superior e inferior por donde corría el agua, el gasto que estaba calculado era para 17.5 m³/s, tenía 24 lumbreras de 2 m de ancho por 3 m de largo, separados a cuatrocientos metros una de otra, la más profunda tenía 93 m y la menor 21 m, no tenían la misma profundidad porque dependía de la topografía.
- c) El *tajo de desemboque*: colocado a la salida del túnel, tenía una longitud de 2,500 m aproximadamente, para abrirlo se ayudaron de la excavación natural del agua de la barranca de Acatlán¹⁷⁵.

El recorrido de las aguas residuales de la ciudad era: recorrían el canal desde San Lázaro hasta Zumpango, las recibía un túnel por medio de una presa, atravesaban

¹⁷⁵ Sánchez Espinoza, José, *Op. cit.*, p. 267.

el túnel y al salir desembocaban en el tajo de Tequixquiac, en Tlamaco se desviaban para aprovecharse como fuerza motriz y para riego en Actopan, los últimos arrastres los recibía el río Tula y de ahí al Golfo de México.

El sistema de drenaje urbano se conocía como combinado de transporte de agua, tenía 3 elementos principales:

- a) Tubos de fierro, para distribuir el agua de lavado. Estos tubos recorrían el eje norte-sur de la ciudad, de este partían cuatro ramales, con válvulas para occidente, otras para oriente, ubicadas a una distancia de entre cuatro y seis manzanas. La tubería principal era de 1.08m de diámetro, se le inyectaba el agua de lavado a través de una bomba instalada al sur de la capital, la que también era alimentada por un canal que derivaba del lago de Xochimilco.
- b) Atarjeas, destinadas a recoger las aguas residuales y pluviales de las calles. Se encontraban en los ramales del conducto principal, eran tubos siempre inclinados con declive al oriente. Para este sistema la ciudad se dividió en cinco zonas: una central, dos en el norte y dos al sur, tenían en ambos lados las atarjeas que terminaban en un colector; estos colectores de zona vertían los desechos en un gran colector, que después se reunían los desechos en el Gran Canal del Desagüe. La longitud de las atarjeas era de 112, 164 metros.
- c) Grandes colectores, para recibir ambas aguas y conducir las al Gran Canal. Eran cinco grandes colectores, con un diámetro de 1m a 2.5 m y de largo 19, 107 km.

Años después se construyó el sexto colector para sanear la colonia Roma y Condesa. Por lo que con el paso del tiempo ha ido en aumento el número de colectores, atarjeas y todo el equipo necesario para operar.

Por hundimientos, el drenaje requirió en **1960** de bombeo para elevar las aguas del gran canal, por eso, se construyó el Interceptor y el Emisor del Poniente, con objeto

de recibir y desalojar las aguas del oeste de la cuenca, descargándose a través del trabajo de Nochistongo.

Pero seguía aumentando la mancha urbana y seguían las inundaciones, era insuficiente el drenaje del Gran Canal y del Emisor Poniente, se necesitaba un sistema que no sufriera con las inundaciones y con los asentamientos, que no necesitara de bombeo y que expulsara las aguas por una cuarta salida artificial, entonces se proyectó lo que sería el Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México, las obras empezaron en **1966**.

En **1964** los ríos Consulado y Churubusco, fueron entubados para acabar con los basureros y se construyó la vialidad que hoy conocemos como Circuito Interior. Además, en este año, entró en operación el Emisor Poniente, la función es interceptar los escurrimientos de las montañas del poniente para conducir el agua hacia el río Cuautitlán y el Tajo de Nochistongo.

Iniciando la década de **1970**, se reportó con una comparación que en 1910 el lago de Texcoco de hallaba 1.90m por debajo del centro de la ciudad, y en 1970 estaba a 5.50m, se necesitaba un drenaje que no fuera afectado por los asentamientos humanos, que no necesitará bombeo y que expulsara las aguas por la cuarta salida artificial. Se inició por ello la construcción del Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México.

Las primeras disposiciones legales para mejorar el control de la contaminación del agua son en el año de **1971**.

La primera etapa del drenaje profundo se terminó en **1975**, se inauguró el Emisor Central, se construyó para conducir las aguas de lluvia que afectaban la zona centro de la ciudad hacia el Estado de Hidalgo; y, desde **1992** se usa también para desalojo de aguas residuales.

En **1980** se publicó el Acuerdo por el que la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, con la intervención de las de Hacienda y Crédito Público, de Programación y Presupuesto y de Comercio, procederá a entregar a los Gobiernos de los Estados y a los Ayuntamientos todos los sistemas de agua potable y alcantarillado que administra y opera directamente o a través de los organismos creados para ese efecto; un año después **1981**, la Ley de Ingresos de la Federación para el ejercicio fiscal de 1981 previó ingresos provenientes de conceptos como la cooperación de los gobiernos de estados y municipios y de particulares para obras de irrigación, agua potable, alcantarillado, etcétera; en ese mismo año la Ley Federal de Derechos reguló la inversión privada en la operación y construcción de infraestructura hidráulica, obligación de todos los usuarios al pago de derechos por uso de aguas nacionales, incluyendo derechos de descargas de aguas residuales para evitar la contaminación de ríos y mantos acuíferos.

Las reformas al artículo 115 Constitucional en donde se transfieren las responsabilidades de agua potable y alcantarillado a los municipios, fue por Decreto en **1983**. Seis años después, en **1989** se crea la Comisión Nacional del Agua, teniendo como uno de sus objetivos la prevención y el control de la contaminación del recurso, así como el apoyo técnico federal en la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

Desde **1992** se perdió gran parte de la funcionalidad del Gran Canal de Desagüe, para desalojar, debido al hundimiento de la ciudad y tuvo como consecuencia la inclinación, motivo por el cual el curso del agua se retrae.

Siglo XXI¹⁷⁶

Para este siglo ya es fundamental dar prioridad al recurso hídrico, al cuidado, al saneamiento, al reúso, al cumplimiento de las normas, a recuperar los cuerpos receptores, evitar en lo posible las inundaciones, drenar la ciudad, por ello el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México incluye obras

¹⁷⁶ Comisión Nacional del Agua, *El Agua y el Valle de México*, Op. cit., pp.175, 176, 182.

como el Túnel Interceptor Río de Los Remedios, plantas de bombeo, el Túnel Emisor Oriente, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco, entre otras.

Las metas del Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México son mantener el suministro sostenible de agua, reforzar el sistema de drenaje y tratar el 100% de las aguas residuales de la ciudad de México y zona metropolitana. Entre los beneficios están el uso eficiente del agua, proteger a la población de inundaciones, sanear cauces y cuerpos de agua, aliviar la sobreexplotación del acuífero, cuidar la fuente principal de abastecimiento de agua potable, reducir hundimientos, mejorar condiciones sanitarias en zonas de riego, generar nuevas fuentes de abastecimiento.¹⁷⁷

En el **2012** estaba en construcción el Túnel Emisor Oriente, el objetivo será desalojar el agua de la zona oriente del valle con conexiones a otros tramos del sistema de drenaje y desembocará en el Estado de Hidalgo.

El Túnel Río de la Compañía se concluyó en **2010**, consistió en la construcción de 10 captaciones al Túnel y la construcción de la Planta de Bombeo La Caldera para una capacidad de 40 metros cúbicos por segundo, el objetivo es desalojar aguas residuales y de lluvia de la zona oriente del valle de México. La función de la Planta de Bombeo La Caldera será bombear el agua del túnel Río de la Compañía a un tramo por donde corre por gravedad al Gran Canal de Desagüe.

Otras obras son:

La Planta de bombeo Casa Clorada Profunda, que su función es enviar los excedentes de los escurrimientos provenientes del Dren General de Valle y el Río de Los Remedios, al interior de la laguna para almacenarlos temporalmente y evitar la saturación del drenaje, la lumbrera 6 es la conexión.

¹⁷⁷ *Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México*, Gobierno Federal, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, p.19. Disponible en https://www.riob.org/fr/file/265225/download?token=Hu__MXIC

La Planta de Bombeo Canal de Sales, se ha rehabilitado para eficientar el bombeo de agua conducida por el Dren General del Valle hacia el Gran Canal. La Planta Bombeo Vaso El Cristo, traslada el agua residual almacenada en el Vaso El Cristo hacia el Túnel Emisor Poniente, evitando la apertura de las compuertas que la canalizarían al Río de los Remedios, dificultando la inspección y rehabilitación del Emisor Central. La Planta de bombeo El Caracol tendrá la tarea de desalojar aguas residuales de la lumbrera 5 del Túnel Emisor Oriente para enviarla al Gran Canal, en la zona que éste pendiente hacia el estado de Hidalgo. La obra más trascendente de esta primera década del siglo es la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco, el objetivo será tratar el agua residual de la Ciudad de México al portal de salida en Atotonilco de Tula, las aguas serán reusadas para riego.

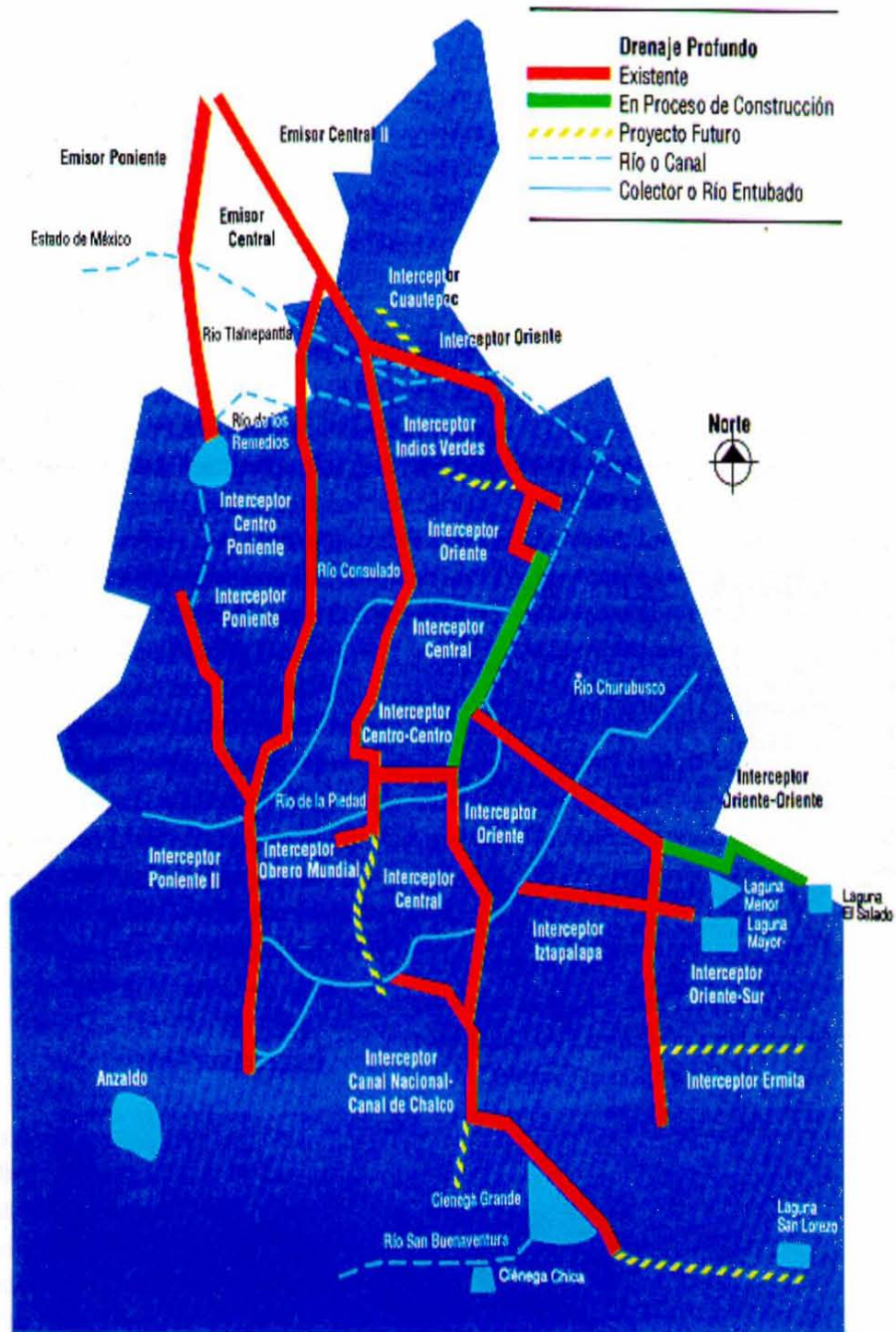
Como podemos valorar, la ingeniería civil, sanitaria y ambiental, siempre ha tenido un papel importante en el desagüe de la ciudad, así como las decisiones políticas y el marco jurídico que van dando forma a las decisiones tomadas para la sobrevivencia de la ciudad, para evitar inundaciones y últimamente para dar un reúso a estas aguas residuales, que se pueden y deben de aprovechar.

4.3.2 Drenaje actual de la Ciudad de México

El drenaje de la ciudad tiene la finalidad de drenar la cuenca, formada por una zona lacustre, con poca pendiente; cuenta con cuatro salidas y con tres tipos de estructuras hidráulicas: salidas artificiales, red secundaria y red primaria¹⁷⁸, en la **Figura 4.5** presentamos un esquema del sistema del drenaje de la ciudad para ubicar mejor la infraestructura hidráulica,

¹⁷⁸ Sánchez Espinoza, José, *Op. cit.*, p. 347.

Figura 4.5 Esquema del sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México¹⁷⁹



¹⁷⁹ Sánchez Espinoza, José, *op. cit.*, p.346.

En el primer punto de este cuarto capítulo mencionamos medidas aproximadas de la longitud del sistema de drenaje, sin embargo, la verdad es que no se tienen las medidas exactas, todos los datos son aproximaciones.

Ahora mencionaremos las referencias que hacen Blanca Jiménez Cisneros¹⁸⁰ (UNAM), Agustín Breña Puyol¹⁸¹ (UAM), José Luis Morales Muñoz¹⁸² (UNAM) y el Sistema de Aguas de la Ciudad de México¹⁸³ en cuanto al drenaje.

El Drenaje esta integrado por tres estructuras hidráulicas: salidas artificiales, red secundaria y red primaria:

Salidas artificiales

Conocidas como salidas artificiales debido a que la Ciudad de México es una cuenca lacustre cerrada sin salidas naturales para desalojar aguas de lluvia y residuales, y para evitar inundaciones se ha abierto y construido salidas creadas por el trabajo del humano para desalojar. Toda el agua recolecada pasa por alguna de las 3 salidas:

1. Tajo de Nochistongo. Ideado por Henry Martín en 1580 e iniciado en 1607 como túnel, se construyó sobre el Río Cuautitlán, comenzó a operar en 1789. Recibe las aportaciones del Emisor Poniente.
2. Gran Canal del Desagüe. Se construyó como salida artificial del agua, porque el Tajo de Nochistongo al paso del tiempo resultó insuficiente. Tiene dos túneles para desalojar:

¹⁸⁰ Jiménez Cisneros, Blanca, *Op. cit.*, p. 158, 160.

¹⁸¹ Breña Puyol, Agustín Felipe, *Hidrología Urbana*, Universidad Autónoma Metropolitana, Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana, México, Distrito Federal, junio 2003, p. 1.2.

¹⁸² Morales Muñoz, José Luis, *Manual de Mantenimiento del Drenaje Profundo: Lumbrera L8A-L8B*, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis que para obtener el Título de Ingeniero Civil presenta José Luis Morales Muñoz, Director de Tesis Ing. José Manuel Bahamonde Peláez, Ciudad Universitaria, México, D.F. 2014, pp. 3,4, 6-15.

¹⁸³ *El Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México. Desarrollo y Perspectivas*, Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, 21 de marzo de 2006. www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/foro4/21%20marzo/Floodsdrought/Drenaje.pdf

- a) Primer túnel de Tequixquiac. Es parte del proyecto propuesto por el ingeniero Francisco de Garay en 1856. Se inició la construcción en 1865 y se terminó en 1895. Recibe las aguas del Gran Canal del Desagüe desde 1900. Va de San Lázaro, Ciudad de México, a Tequixquiac, Estado de México.
- b) Segundo túnel de Tequixquiac. Se inició la construcción en 1935 pero se terminó hasta 1954. Recibe caudales del Gran Canal del Desagüe. Tiene una longitud de 47 kilómetros.
3. El Sistema del Drenaje Profundo, integrado por un Emisor Central y nueve interceptores. Proyecto elaborado por la Dirección General de Obras Hidráulicas del Departamento del Distrito Federal, DGCOH. La construcción se inicia en 1967. Recibe las descargas de los interceptores Centro-Poniente, Central y Oriente, operando desde 1975.

Red Secundaria

Es un conjunto de atarjeas que recolectan las aguas residuales y pluviales de las descargas domiciliarias de la ciudad, se integra por conductos de diámetro máximos de 45 centímetros, la longitud de la Red es de 12,326 kilómetros. Para el año 2000, el nivel de cobertura en el área urbanizada era del 92%. La población sin drenaje, el 8%, y aun, descarga sus desechos en fosas sépticas, grietas, barrancas, terrenos baldíos e incluso directamente en la calle.

Red Primaria

La Red Primaria es fundamental para el drenaje, esta integrada por diversas estructuras hidráulicas con funciones específicas. Es una red de drenaje combinado, todas las descargas de las diversas fuentes se integran en el mismo sistema de drenaje, se conforma por 128 sistemas de colectores, de los cuales 108 están ubicados en la ciudad y 20 en el Estado de México; las tuberías presentan diámetros que oscilan entre 60 centímetros hasta 4 metros. La longitud de la red primaria es de 1,375 kilómetros, con 79 plantas de bombeo; esta integrada por lagos, lagunas, presas de regulación (un sistema de interpresas integrado por 29

presas) y canales a cielo abierto, con 112 kilómetros, que se incluye al Gran Canal de Desagüe y el Canal de Chalco.

La infraestructura básica se forma por el sistema del Drenaje Profundo, que abarca los interceptores de Centro-Poniente, Central, Oriente, Poniente, Centro-Centro, Canal Nacional, Iztapalapa, Obrero Mundial y el Emisor Central. El Drenaje Profundo es la salida con mayor capacidad y es actualmente la columna principal del drenaje de la ciudad.

En **1954** se construyeron túneles profundos o interceptores, en **1967** se comenzó con la construcción y la primera etapa concluyó en **1975**, durante el cual se construyó el Emisor Central. Trabaja mediante gravedad y surgió debido a la necesidad de incrementar sustancialmente la captación, conducción y desalojo oportuno y eficiente de las aguas pluviales y residuales, aunque la sobrepoblación y explotación de los mantos ha ocasionado que la ciudad se hunda 10cm por año, en algunas zonas el hundimiento es de 40cm, lo que ha ocasionado problemas para drenar la urbe y la zona metropolitana. Su longitud es de 137.2 kilómetros aproximadamente, la profundidad que va desde los 30 hasta los 220 metros, ello con el objetivo de que su efectividad no se afecte con el hundimiento de la ciudad.

Como bien lo resalta Blanca Jiménez, haciendo mención al control de la contaminación ambiental, al cumplimiento de las normas oficiales mexicanas, a la cultura del agua, a una legislación ambiental eficaz de que: “..La sobrepoblación que existe en la ciudad, a parte de ser una fuente de contaminación al ambiente y al acuífero, reduce la capacidad de los componentes del sistema de drenaje, poniendo en peligro las vidas de las personas asentadas cerca de los cauces de los ríos por los desbordamientos ocasionados por las lluvias.”¹⁸⁴

¹⁸⁴ Jiménez Cisneros, Blanca, *Op. cit.*, p. 160.

4.3.3 Agua y descarga en la Ciudad de México

Recordemos que la ciudad es una cuenca, que desde México-Tenochtitlán se han construido obras hidráulicas, compuestas por canales y diques que permitían el cultivo de las chinampas, el abastecimiento de agua potable, el controlar las inundaciones y separar las aguas dulces de las saladas. “Aunque ahora son prácticamente imperceptibles, las huellas de esa estructura hidráulica se encuentran plasmadas en el trazo de la ciudad: la extensión de algunas calles coincide con la disposición de esos diques o calzadas, como las de México-Tacuba, Vallejo, Camarones, Nonoalco, Tlalpan, Iztapalapa, Misterios y Melchor Ocampo. Quien las transita no lo sabe pero sigue las mismas rutas que hace 500 años permitía cruzar el lago, además de controlarlo.”¹⁸⁵

La cuenca cerrada por la actividad volcánica formó un sistema lacustre, compuesto por cinco lagos, Xochimilco (occidente), Chalco (oriente), Texcoco (centro), Xaltocan y Zumpango (norte); estos tres últimos eran aguas salobres, los dos primeros de agua dulce, desde estos tiempos, en la cuenca no había salida natural del agua y la captación del acuífero era proveniente de los manantiales y ríos, de las zonas altas por lluvias y escurrimientos.

Se sabe que en la ciudad de Tenochtitlán se mantenía una relación armónica con el agua y con el entorno, logrando un equilibrio que, con el paso del tiempo, la población fue creciendo, se concentró y asentó en la misma zona lacustre y en las orillas, por este motivo, se mantenía y atendía la separación de las aguas salobres y dulces. Para evitar las inundaciones, el Rey Nezahualcoyotl (1449) y Ahuítzotl (1499), construyeron los albarradones¹⁸⁶ y diques para contener el embate de las aguas de Texcoco, esto formó parte de las primeras obras hidráulicas.

¹⁸⁵ Comisión Nacional del Agua, *El Agua y el Valle de México, Op. cit.*, p.136.

¹⁸⁶ Los albarradones son obras hidráulicas compuestas de barreras hechas con piedra y madera principalmente, para controlar el paso del agua, detener el agua de los lagos y evitar inundaciones en épocas de lluvia. Fuente: Tovar, Azael Fernando, et. al., *La Ingeniería civil en México*, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e ingeniería, Secretaría de Desarrollo Internacional, Boletín Científico, Publicación Semestral PADI, número1, Boletín Científico de

Desde el asentamiento de la capital de la Nueva España y nuevamente el crecimiento poblacional, inició la demanda del abastecimiento de agua, provocando que se propiciara e incrementara las extracciones de agua del acuífero, que, a su vez, desencadenó el hundimiento de la ciudad y se rompió el equilibrio que existía entre la recarga natural y la extracción.

En los últimos cien años va en aumento la necesidad de dotar de agua a la ciudad y de desalojar. Desde la época virreinal hasta nuestros días el drenaje y el abastecimiento son dos labores en las que se ocupa la ingeniería.

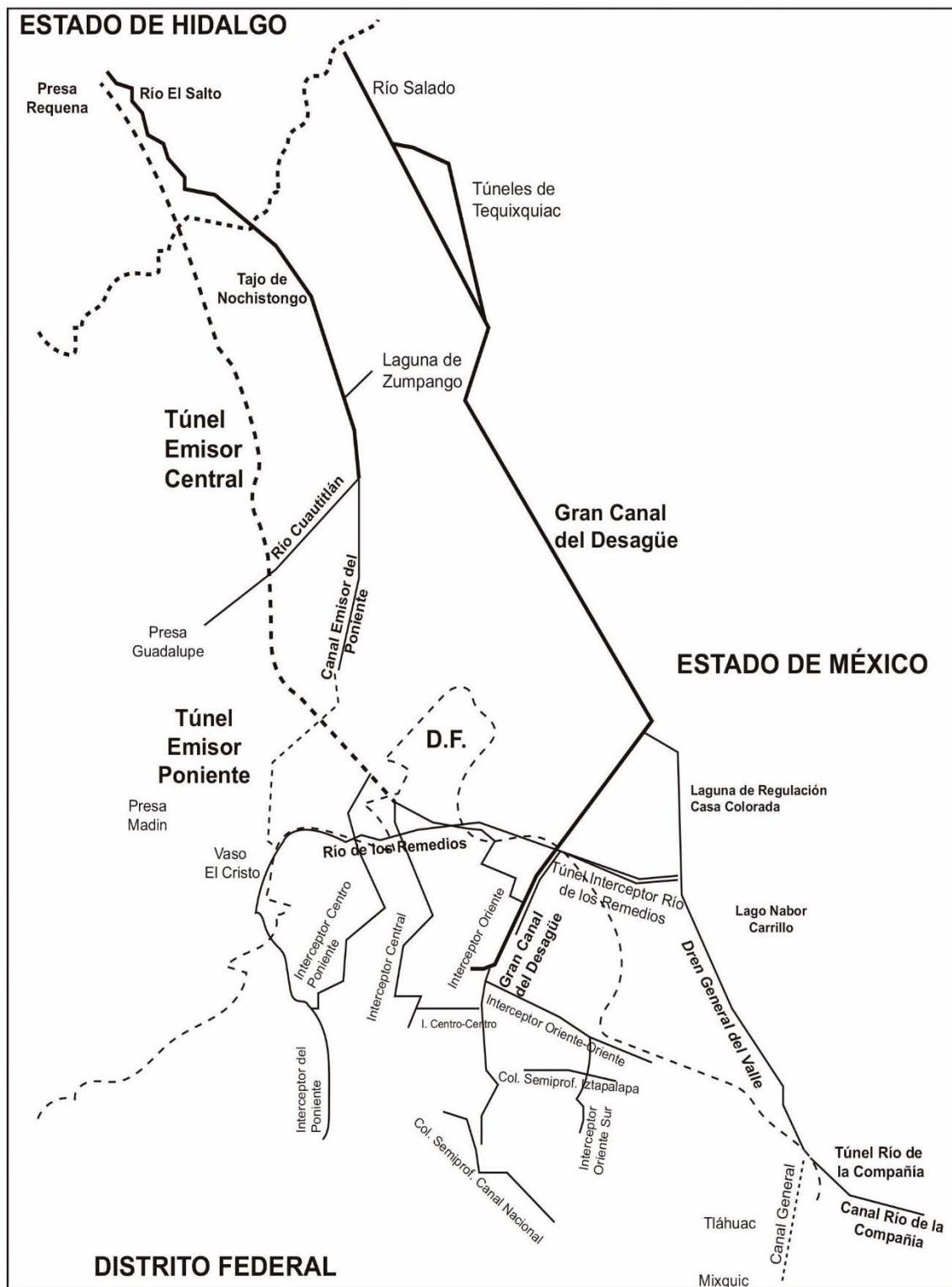
El drenaje se diseñó y construyó con salidas artificiales para llevar el agua residual de la ciudad hacia el Valle del Mezquital, con el objetivo de evitar las inundaciones. En la **Figura 4.6** podemos observar como es está compuesto el sistema de drenaje de la ciudad al año 2012.

Como ya anteriormente se ha mencionado, la extracción intensiva del acuífero, generada por el incremento de la urbe provocó el hundimiento de la misma, por consiguiente, se construyó el drenaje para el desalojo. En 1910 se comenzó a construir los equipos de bombeo, el Gran Canal del Desagüe ya operaba por gravedad, con el objetivo de compensar la pérdida de la pendiente de la ciudad¹⁸⁷, para visualizar esta situación, presentamos la **Figura 4.7** en donde se percibe la pérdida de la pendiente natural, por tanto, la pérdida de pendiente del Gran Canal de Desagüe, que impide que desde hace décadas opere por gravedad.

Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, Volumen 1, semestral, México, Estado de Hidalgo, Julio 2013. Disponible en www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n1/e5.html. Consultado el 1 de abril de 2019.

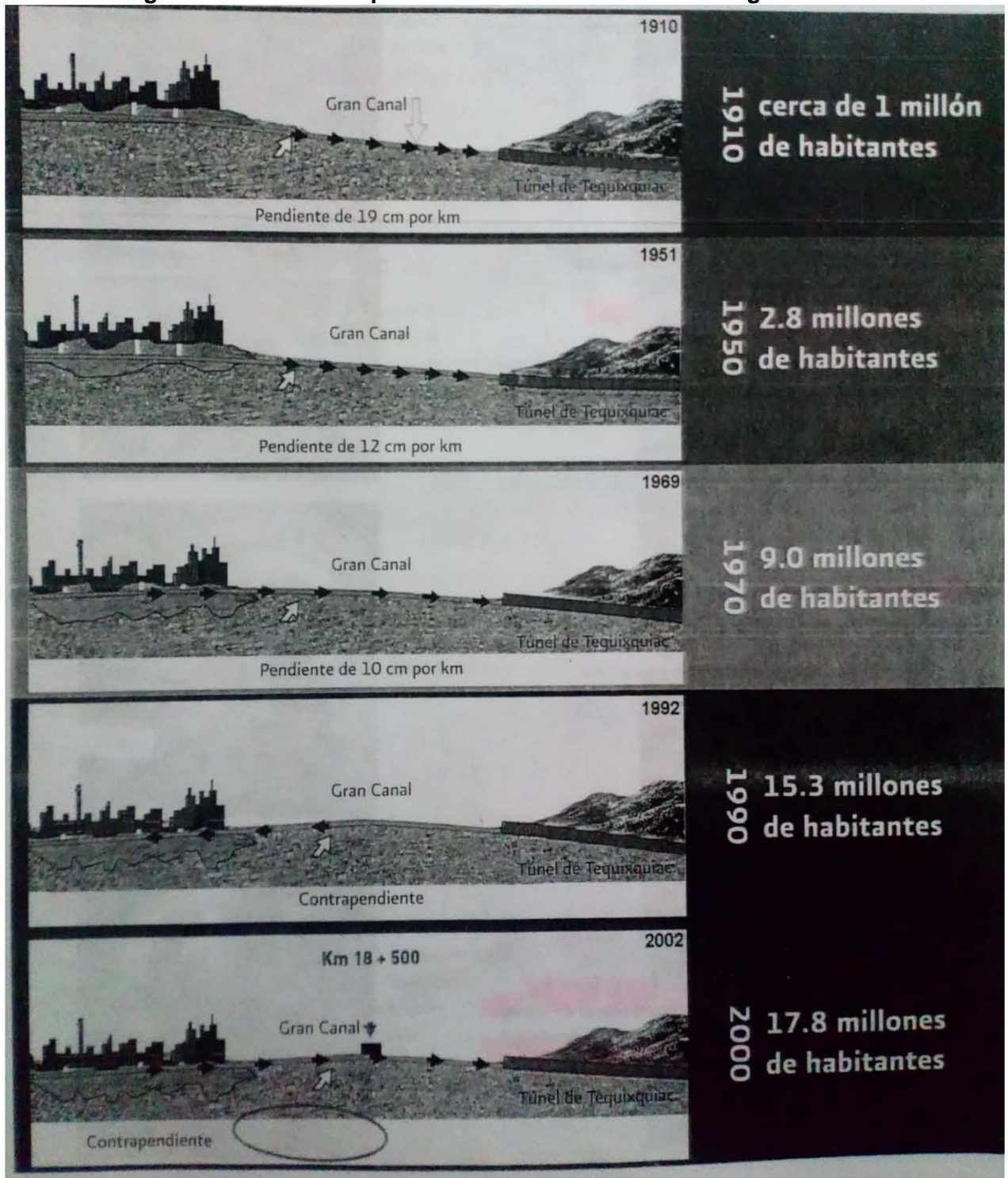
¹⁸⁷ *Ibidem*, pp. 169-172.

Figura 4.6 Principales Obras del Sistema Drenaje del Valle de México.¹⁸⁸



¹⁸⁸ Comisión Nacional del Agua, *El Agua y el Valle de México*, Op. cit., p.172.

Figura 4.7. Pérdida de pendiente del Gran Canal de Desagüe.¹⁸⁹



¹⁸⁹ *Ibíd.*, p. 173.

4.3.4 Características generales del Drenaje Profundo

Hemos mencionado anteriormente las características generales del Drenaje Profundo de la Ciudad de México, en este punto abarcaremos cómo está integrado y las partes que componen al sistema del desagüe; para ello utilizaremos la referencia de Agustín Breña Puyol¹⁹⁰ (UAM) y, principalmente la de José Luis Morales Muñoz¹⁹¹ (UNAM). Al final en la **Tabla 4.7** presentamos las características, medidas del sistema del drenaje profundo de la ciudad.

Las características generales del Sistema de Drenaje Profundo se compone de los siguientes conductos:

Emisor Central

- Longitud (km): 50.0,
- Profundidad (min-max m): 48- 217,
- Diámetro (m): 6.5,
- Cuenta con lumbreras que van de 25 hasta 220 metros de profundidad.
- Función principal: conducir fuera de la cuenca de la ciudad las aguas del Sistema del Drenaje Profundo,
- Trayecto: Gustavo A. Madero, en la ciudad, Tlalnepantla, Cuautitlán, Tepozotlán, Huehuetoca y Melchor Ocampo en el Estado de Mexico y Tepeji en Hidalgo,

Emisor Poniente

- Longitud (km): 32.4,
- Profundidad (min-max m): cielo abierto,
- En 1962 se inauguro este túnel, se evitaría la sobrecarga del Gran Canal de Desagüe. Conducía un caudal de 25 m³/s a través de túneles de 15km de longitud

¹⁹⁰ Breña Puyol, Agustín Felipe, *Hidrología Urbana*, Universidad Autónoma Metropolitana, Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana, México, Distrito Federal, junio 2003, p. 1.2.

¹⁹¹ Morales Muñoz, José Luis, *Manual de Mantenimiento del Drenaje Profundo: Lumbrera L8A-L8B*, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis que para obtener el Título de Ingeniero Civil presenta José Luis Morales Muñoz, Director de Tesis Ing. José Manuel Bahamonde Peláez, Ciudad Universitaria, México, D.F. 2014, pp. 3,4, 6-15.

y de un canal revestido a cielo abierto. Se amplió la capacidad a 80 m³/s llevando las aguas pluviales hacia el Río Cuautitlán, la Laguna de Zumpango y el Tajo de Nochistongo. El túnel evitó que continuarán las descargas del poniente de la ciudad sin ningún control.

Interceptor Central

- Longitud (km): 16.1,
- Profundidad (min-max m): 22-41,
- Diámetro (m): 5,
- Recibe parte de las aguas del centro y norte de la ciudad, que descargan al Emisor Central,
- Trayectoria: cruza las delegaciones de Benito Juárez, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Distrito Federal y Tlalnepantla en el Estado de México,
- Tiene trece Lumbreras, que van desde los 25.38 m de profundidad hasta los 45.30 m, el diámetro de las lumbreras está entre 12 y 9 metros,
- Se encuentra construido desde la lumbrera 4A, en el cruce de las avenidas Dr. Vértiz y Obrero Mundial, hasta la lumbrera 0 del Emisor Central,
- Alivia al Río de la Piedad y capta los colectores de Tabasco, 5 de Mayo, Héroes, Río Consulado, Cuitláhuac, Fortuna y Moyobamba. También tiene obras de toma, de los ríos de Los Remedios, Tlalnepantla, San Javier y Cuauhtepic,
- Beneficia a las delegaciones Gustavo A. Madero, Azcapotzalco, Cuauhtémoc y parte del Benito Juárez.

Interceptor Centro-Centro

- Longitud (km): 3.7,
- Profundidad (min-max m): 25- 26,
- Diámetro (m): 5,
- Alivia una parte de la ciudad e interconecta a los Interceptores Oriente y Central,
- Trayecto: Atraviesa la delegación Venustiano Carranza,
- Tiene 4 lumbreras, de las cuales, la mínima profundidad es de 22.58 m y la mayor es de 25.66.

Interceptor Oriente

- Longitud (km): 22.2- 28,
- Profundidad (min-max m): 37- 55,
- Diámetro (m): 5,
- Recibe aguas del oriente y del sur,
- Compuesto por 18 lumbreras (diámetros de 6 y 12 m), con profundidad de 17 y 50 metros,
- Trayecto:Hacia el norte, principia en las calles de Aglabampo y Troncoso; se va hacia el norte hasta la calzada Zaragoza. A partir de aquí, el túnel continua en forma paralela al Gran Canal hasta la calzada San Juan de Aragón; donde el túnel se dirige hasta el oriente para alcanzar la Av. Eduardo Molina y así llegar a Cuauhtepac. Hacia el sur, el Interceptor Oriente corre por el Eje 3 Oriente, a partir de la calle Aglabampo, en su intersección con el Interceptor Centro-Oriente en la lumbrera 4, hasta la avenida Taxqueña, donde se conecta al Interceptor Canal Nacional "Canal de Chalco". En el cruce con la calle Tlazintla se ubica la lumbrera 3, cercana a ella es captado por el colector Plutarco Elías Calles directamente al túnel; en la lumbrera 2, ubicada en la esquina con avenida Apatlaco, las aguas del cauce entubado del río Churubusco, son captadas en la lumbrera 1.
- Función principal: aliviar al Gran Canal de Desagüe a través de la obra de toma del cual depende su drenaje gran parte del centro y norte de la ciudad, aunque también cuenta con una captación.

Interceptor Centro-Oriente

- Longitud (km): 16.0,
- Profundidad (min-max m): 22- 51,
- Este interceptor une los Interceptores Oriente y Central. -Se inicia en la lumbrera 1, ubicada en las calles Dr. Durán y Dr. José María Vértiz y termina en la lumbrera 4, en Aglabampo y Francisco del Paso y Troncoso,
- Beneficia a algunas colonias de la zona centro del Distrito Federal. Para esto se construyó una estructura de captación para el Colector 10 en la lumbrera 2, la cual

conduce las aguas del Interceptor Oriente, que a su vez alivia al río Churubusco y al Interceptor Canal Nacional-Canal de Chalco.

Interceptor del Poniente

- Longitud (km): 16.5,
- Profundidad (min-max m): 20-40,
- Diámetro (m): 4,
- Alivia al Interceptor ubicado en la zona poniente de la ciudad que recibe la descarga de una serie de presas de reguación,
- Trayectoria: inicia en la zona suroeste de la Ciudad, en el Río Magdalena Contreras, atraviesa las delegaciones Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo y al municipio de Naucalpan en el Estado de México, llegando a descargar en el Río Hondo en el mismo estado,
- Recibe las descargas de 16 colectores en la ciudad y 3 en el Estado de México,
- En la lumbrera 14, se cuenta con una estructura de descarga al Interceptor Centro Poniente del Sistema de Drenaje Profundo del Bosque de Chapultepec,
- Su función principal es la de captar las aguas provenientes del Poniente de la Ciudad para evitar las posibles inundaciones.

Interceptor Iztapalapa

- Longitud (km): 5.5,
- Profundidad (min-max m): 11-16,
- Diámetro (m): 3.10,
- Cuenta con seis lumbreras de 9.00 m de diámetro y profundidades de 10.78-13.01.
- Capta gran parte de las aguas generales de la Delegación Iztapalapa, las conduce hasta la Planta de bombeo Central de Abasto II de 20 m³/s de capacidad, que a su vez las incorpora hacia el Río Churubusco,
- También recibe de los desfogues de las lagunas Mayor y Menor de Iztapalapa, que beneficia la parte noreste de esta delegación.

Interceptor Obrero Mundial

- Longitud (km): 0.8,

- Profundidad (min-max m): 10-16,
- Diámetro (m): 3.2,
- Tiene tres lumbreras,
- Trayecto: cruza a la delegación Benito Juárez en el Distrito Federal. Su trazo es paralelo al Río de la Piedad, capta a éste último en la lumbrera 2 por medio del Colector Xochicalco, y los escurrimientos de la zona poniente de la delegación Benito Juárez a través del Colector Pestalozzi, en la lumbrera 1 para descargarlos posteriormente en la lumbrera 4 del Interceptor Central.

Interceptor Oriente Sur

- Longitud (km): 13.8,
- Profundidad (min-max m): 20.23,
- Diámetro (m): 5,
- El trazo de este túnel se inicia en la lumbrera 1, ubicada entre las calles Iztaccíhuatl y Anillo Periférico, en Iztapalapa, para concluir en la lumbrera 5 del Interceptor Oriente, en Francisco del Paso y Troncoso, esquina calzada Ignacio Zaragoza,
- Tiene 8 lumbreras con un diámetro de 12 m y una profundidad de 21 m en su trayecto,
- Como una opción operativa de gran importancia, este Interceptor utiliza la planta de bombeo Zaragoza de 20 m³/s con la cual se podrá aliviar al interceptor Oriente-Sur hacia el río Churubusco, o invertir su funcionamiento en caso necesario,
- A través de sus captaciones aliviará a los colectores Luis Manuel Rojas, Canal de San Juan, Zaragoza Norte, Río Churubusco y el Iztaccíhuatl; y al los interceptores Iztapalapa y Oriente-Oriente. Además de la delegación Iztapalapa, se beneficiará a Iztacalco y Venustiano Carranza.

Canal Nacional- Canal Chalco

- Longitud (km): 8.7- 11.6,
- Profundidad (min-max m): 15-17,
- Diámetro (m): 3.10,
- Capacidad de conducción: 60 m³/seg.,

- Este interceptor tiene un total de 10 lumbreras, cuya profundidad mínima es de 13.23 m y profundidad máxima de 17.49,
- El Interceptor cruza la delegación de Iztapalapa.

Interceptor Oriente- Oriente

- Longitud (km): 6,
- Profundidad (min-max m): 17-26,
- Diámetro (m): 3.10,
- Trayecto: cruza por la delegación de Iztapalapa y por el municipio de Netzahualcóyotl,
- Cuenta con cuatro lumbreras, de 9 y 12 metros,
- Por medio de lumbreras de captación aliviara a los colectores que drenan la zona nororiente de la delegación Iztapalapa, la laguna de regulación "El Salado", que a su vez recibe la aportación de los colectores Kennedy, Zaragoza Norte y San Miguel Teotongo y los colectores Las Torres, Santa Martha, Ejército de Oriente, entre otros.

Interceptor Centro Poniente

- Longitud (km): 16.150,
- Profundidad (min-max m): 22.19-77,
- Diámetro (m): 4,
- Trece lumbreras componen a este Emisor, con profundidades de 22.19 a 77 m.,
- Se inicia en la lumbrera 14 del Interceptor del Poniente, cerca del Museo de la Comisión Federal de Electricidad, en la segunda sección del Bosque de Chapultepec, y termina en la lumbrera 1 del Emisor Central, en el Cerro del Tenayo. Posee estructuras de captación en cinco lumbreras, que captan a los colectores Rubén Darío, Río San Joaquín, Refinería Trujillo, Salomón Lerdo de Tejada y al Colector 15; benefician a gran parte de las delegaciones de Miguel Hidalgo y Azcapotzalco,
- Alivia al interceptor del Poniente en la lumbrera 14.

Interceptor Ermita

-Longitud (km): 6

-Trayectoria: inicia su trazo a la altura del Eje 5 sur con la calzada Ermita Iztapalapa, sigue su trayectoria hacia el poniente de la ciudad para dar vuelta en la calle Luis Manuel Rojas y descargar finalmente en la lumbrera 2 del Interceptor Oriente-Sur; cuenta con cuatro lumbreras con las que capta a los colectores Paraje San Juan, Justo Sierra I y II, Cañas, Quetzalcóatl, Pozos y Luis Manuel Rojas, dando así alivio a parte de la zona oriente de la delegación Iztapalapa.

Interceptor Gran Canal

-Longitud (km): 1.01

-Diámetro (m): 3.10

-Se inicia en los terrenos de las Plantas de Bombeo 1 y 1A con la lumbrera L-1 y termina con la L.2 en la proximidad de la confluencia del eje 1 norte y el Gran Canal de Desagüe,

-En la lumbrera L-1 captará parte del canal de las Plantas de Bombeo P.B. 1 y 1A, para descargarlos directamente al Interceptor Oriente, y la otra en su caso, podrá irse por el entubamiento del Gran Canal.

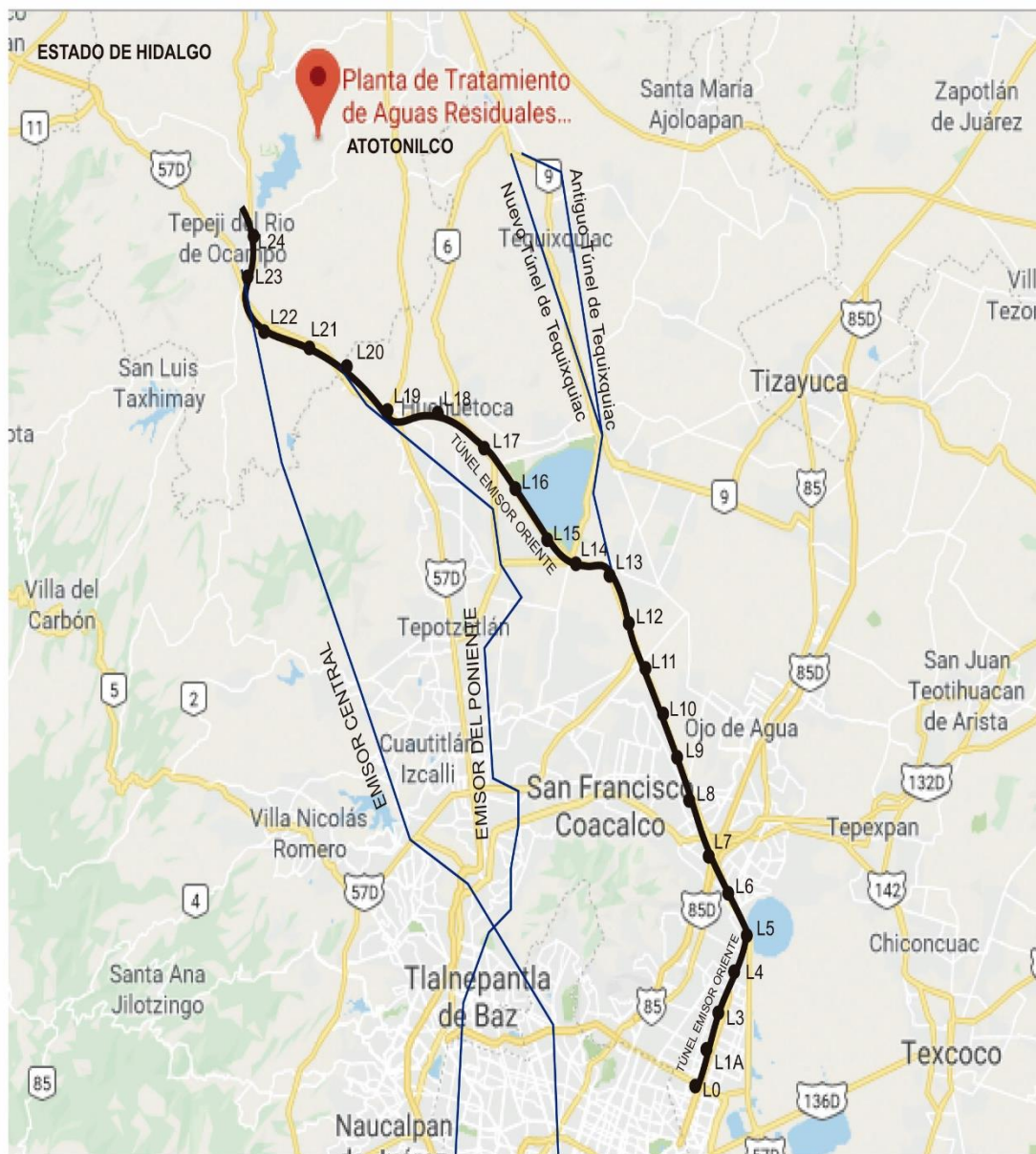
Tabla 4.7 Características del Sistema de Drenaje Profundo¹⁹²

Responsable	Longitud excavada (m)	Diámetro (m)	Capacidad m³/s	Profundidad min-max (m)
Emisor Central	50.0	6.5	220	48-217
Interceptor Central	16.1	5.0	90	22-41
Interceptor Centro Centro	3.7	5.0	90	25-26
Interceptor Oriente	22.2	5.0	85	37-55
Interceptor Centro Oriente	16	4.0	40	20-40
Interceptor Poniente	16.5	4.0	25	20-40
Interceptor Iztapalapa	5.5	3.1	20	11-16
Interceptor Obrero Mundial	0.8	3.2	20	10-16
Interceptor Oriente Sur	13.8	5.0	85	20-23
Interceptor Nacional Chalco-Chalco	8.7	3.1	20	15-17

¹⁹² Gobierno de la Ciudad de México, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Cultura Ambiental, *Cuidar el agua es cosa de todos*, en http://www.cuidarelagua.cdmx.gob.mx/drenaje_profundo.html

La función de las lumbreras es captar las descargas de los colectores, así como para dar acceso durante el mantenimiento de los túneles. En la **Figura 4.8** se presenta el trazo del Túnel Emisor Oriente y la ubicación de las veinticuatro lumbreras, la primera ubicada en la salida de la Ciudad de México, que inicia con el Túnel Emisor Oriente y la última llega al Estado de Hidalgo.

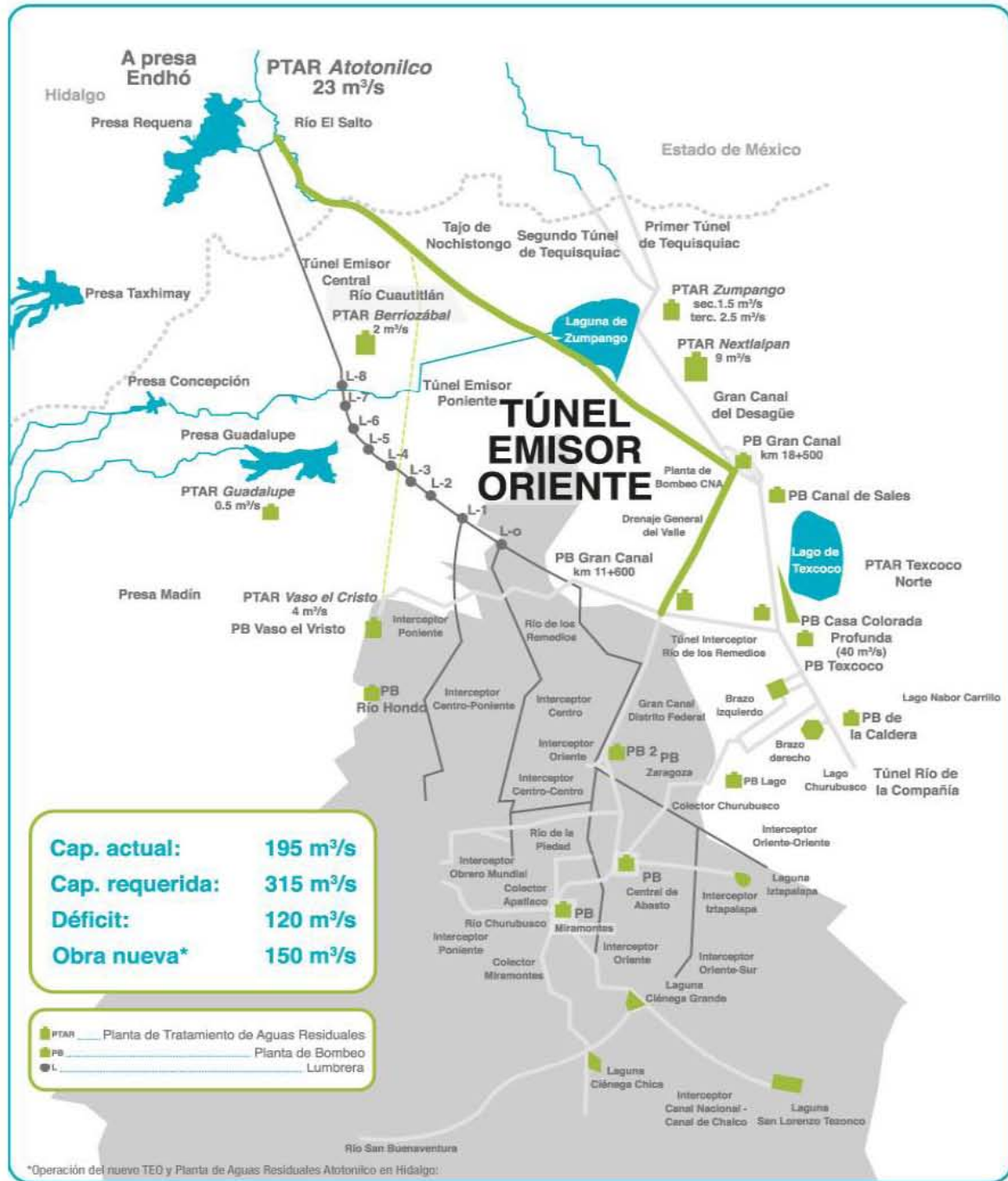
Figura 4.8 Trazo del Túnel Emisor Oriente y ubicación de las lumbreras¹⁹³



¹⁹³ Elaboración de Ian Elizabeth Molina Torres con información tomada de: Comisión Nacional del Agua, *El Agua y el Valle de México*, *Op. cit.*, p. 197.

La **Figura 4.9** presenta los componentes del drenaje de la Ciudad, como esta estructurada la vista de la zona metropolitana desde el punto hídrico y de desagüe.

Figura 4.9 Túnel Emisor Oriente y Sistema Principal de Drenaje del Valle de México¹⁹⁴



¹⁹⁴ Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Dirección Ejecutiva de Cultura Ambiental, Cuidar el agua es cosa de todos, en http://www.cuidarelagua.cdmx.gob.mx/drenaje_principal.html

A la fecha, se han prolongado los Interceptores Central y Oriente, este último para aliviar el Gran Canal desde su inicio, junto con las obras previstas en el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México.

Como se puede apreciar es un gran trabajo en equipo para llevar a cabo toda la operación y mantenimiento del Sistema de Drenaje de la Ciudad, se presentan las características físicas de la ciudad y las características humanas que hacen que tengamos que tener toda una logística para obtener la calidad de las aguas residuales deseables para tener un reuso óptimo, para que las plantas de tratamiento de aguas residuales operen adecuadamente, para mantener el drenaje limpio, sin colapsos, sin crear inundaciones de aguas negras, sin contaminar los puntos de descarga u otros cauces, sin dañar al ambiente y nuestra salud.

La historia hídrica de la Ciudad de México nos muestra que es inevitable la relación con el agua, el drenar la ciudad, la sobrepoblación, no trazar la ciudad, no cuidar los recursos naturales, no dar mantenimiento a toda la infraestructura hidráulica, realizar descargas con altos índices de contaminantes sin previo tratamiento, ha traído consecuencias severas, como lo son las inundaciones, el hundimiento de la ciudad, enfermedades, deterioro de la calidad de vida, contaminación del agua, abuso de usuarios. Estas mismas consecuencias representan también lo que se ha denominado como los retos a solucionar, es un trabajo que se tiene que realizar, tenemos la obligación de cuidar el planeta, es el lugar donde vivimos, debemos aceptar y concientizar que las obligaciones ambientales son de todos.

No se pueden ya permitir las descargas de aguas residuales sin previo tratamiento, ni los riegos agrícolas utilizando las aguas crudas sin tratar, es un daño irreparable al equilibrio ambiental y a la salud humana, debemos disponer del agua responsablemente, modificar nuestro consumo, uso y disposición, generando investigación, tecnología propia para el correcto saneamiento y tratamiento de las aguas.

Las secuelas en todo aspecto abarca guerras por el agua, enfermedades, catastrofes ambientales, el problema es real, los cuerpos de agua superficiales y subterráneas están contaminados, los acuíferos están sobreexplotados, es nulo o mínimo el tratamiento y el reúso a las aguas residuales generadas en la zona metropolitana de la Ciudad de México, somos millones de personas, hay fugas vistas y no vistas, deterioros en la infraestructura hidráulica, no hay cobro real a pagar por el servicio de dotación de agua potable y todo el sistema de alcantarillado, sin embargo, se puede y debe de equilibrar lo destruido y contaminado, con el saneamiento, tratamiento, reúso, manejo de la demanda y un uso eficiente del recurso, que exista una verdadera cultura del agua con participación social, acuíferos recargados, monitoreos constantes y reales con sanciones severas en caso de incumplimientos.

Es fundamental cambiar las prioridades, el sector hídrico debería ser lo primordial el todo gobierno, la inversión en la dotación de agua potable, en la recolección, transportación, tratamiento y reúso de las aguas residuales. La actualización de las Normas Oficiales Mexicanas darían un impulso a cambiar los números del nulo tratamiento que da a las descargas en la Ciudad de México, la tecnología y la investigación dan conocimiento para reusar el agua en diversas actividades, siempre y cuando se cumplan los estándares de calidad. Es un trabajo y un deber multidisciplinario, de ingeniería, biología, química, jurídica, política, social.

4.3.5 Servicio de Abastecimiento y remoción de aguas

La dependencia gubernamental para la Ciudad de México, encargada de los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y reutilización de las aguas residuales; de operar, mantener y construir la infraestructura hidráulica, explotar, usar, aprovechar las aguas, su distribución y control, preservar la cantidad y calidad; formular, actualizar y controlar el desarrollo del programa de operación hidráulica, formular los estudios y proyectos de abastecimiento de agua potable y reaprovechamiento de las aguas residuales, es el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), entró en funcionamiento por decreto en enero de 2003, por

fusión de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) y la Comisión de Aguas del Distrito Federal (CADF). Esto con el objetivo de crear mecanismos más adecuados que permitan proporcionar los medios para lograr una eficiente distribución de los servicios hidráulicos en la ciudad.¹⁹⁵

En la ciudad para llevar a cabo el abastecimiento público de agua, entendido como “aquel punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aparta del agua temporalmente, para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza. Esta agua puede o no volver a su fuente original, lo cual depende de la forma en que disponga de las aguas de desperdicio”¹⁹⁶, se recurre tanto a los recursos hídricos subterráneos (pozos poco profundos y profundos, acuífero, manantiales), como superficiales (ríos, lagos, embalses), tomando considerando la calidad, cantidad, costo, crecimiento demográfico, la operación para transportarla de un lugar a otro y finalmente canalizarla para dotar a los inmuebles de forma entubada. Existen también zonas de la ciudad en la cual se surte de agua mediante pipas¹⁹⁷.

El suelo de conservación¹⁹⁸ es la principal fuente de recarga del acuífero de la Ciudad, en la **Figura 4.10** se distingue el área a la que pertenece el suelo de conservación y el suelo urbano, entre 60 y 70% del agua que consumimos proviene de este tipo de suelo; “la segunda fuente más importante son los Sistemas Lerma y Cutzamala. El Lerma se construyó en los años cuarenta, ante la necesidad permanente de contar con nuevas fuentes de abastecimiento y reducir los impactos

¹⁹⁵ Sistema de Aguas de la Ciudad de México. <http://www.sacmex.cdmx.gob.mx>

¹⁹⁶ Albany, Herman E. Hilleboe, M. D., Comisionado, *Manual de Tratamiento de aguas*, Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Dirección de Saneamiento del Medio Ambiente y Oficina de Entrenamiento Profesional; Raúl Guerrero Torres, tr. —México, Editorial Limusa, 2012, p.11.

¹⁹⁷ Cfr. Perló Cohen, Manuel, et al., *¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas en el Distrito Federal y el Estado de México*, Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Humanidades, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, segunda edición, México, 2009, p. 57-60.

¹⁹⁸ El suelo de conservación ocupa el 59% del territorio de la Ciudad, se localiza en la zona montañosa y lacustre del sur. Es importante ya que se llevan a cabo diversos procesos naturales como lo es la mayor captura de dióxido de carbono, generación de oxígeno, recarga del acuífero, reserva de la biodiversidad, regulación del clima, retención de agua y suelo, producción agropecuaria y rural. Fuente: Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA), www.sedema.cdmx.gob.mx

de la extracción del agua del subsuelo. Para la década de los sesenta, por su sobreexplotación, este sistema resultó insuficiente, además de que generó hundimientos en la ciudad. El sistema de agua Cutzamala abastece desde 1982, desde Michoacán y el Estado de México bombea 1,600 metros, recorre 127 km aproximadamente. A pesar de lo complejo más del 45% de los usuarios No pagan el servicio de consumo.”¹⁹⁹

Figura 4.10 Suelo de conservación²⁰⁰



¹⁹⁹ Actualmente existe una gran sobreexplotación de estos mantos acuíferos, ya que la extracción de manantiales y pozos es mayor a la recarga por dos razones fundamentales: la creciente demanda de la población y la reducción de zonas de captación de agua de lluvia. Se estima que por cada hectárea de suelo de conservación que se urbaniza, la recarga de agua se reduce en 2.5 millones de litros al año. Fuente: Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, *Cuidar el Agua es cosa de todas y todos*, Dirección de Educación Ambiental, México, 2016, p.3 y 4. sedema.cdmx.gob.mx/educacionambiental

²⁰⁰ Fuente: Subdirección de Procesos Escolarizados de la Dirección de Educación Ambiental (DEA) de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA), <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/biodiversidadcdmx/suelos.html>

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), esta canalización de agua potable se realiza principalmente a través del agua entubada, "...significa que está dentro de la vivienda o fuera, pero dentro del terreno, así como de agua entubada por acarreo-de llave pública, hidratante o de otra vivienda-..."²⁰¹, con el 89.4% de viviendas y, un 98.8% de viviendas con drenaje.

Con los datos de la Encuesta Intercensal del año 2015, analizaremos y presentaremos los siguientes datos en la **Tabla 4.8**.

Tabla 4.8 Indicadores de los ocupantes de las viviendas habitadas y su distribución porcentual según disponibilidad de agua entubada, acceso al agua; por fuente de abastecimiento; drenaje y desalojo. Al 2015.²⁰²

Entidad Federativa	Ciudad de México
Estimadores de los ocupantes de las viviendas habitadas y su distribución porcentual según disponibilidad de agua entubada, acceso al agua Ocupantes de viviendas particulares habitadas: 8,912,820 Disponibilidad de Agua:	
<ul style="list-style-type: none"> • Entubada { <ul style="list-style-type: none"> Total: 98.58% Dentro de la vivienda: 89.78% Fuera de la vivienda, pero dentro del terreno: 10.22 • Por acarreo { <ul style="list-style-type: none"> De llave comunitaria: 16.97 De otra vivienda: 12.80 De una pipa: 66.19 De un pozo: 1.85 De un río, arroyo o lago: 0.22 De la recolección de lluvia: 0.24 No especificado: 1.74 • No especificado: 0.32 	
Estimadores de los ocupantes de las viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y su distribución porcentual según fuente del abastecimiento del agua entubada Ocupantes de viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada: 8,786,688	
Fuente de abastecimiento del agua potable { <ul style="list-style-type: none"> Servicio público: 97.48 Pozo comunitario: 0.39 Pozo particular: 0.05 Pipa: 1.05 Otra vivienda: 0.13 Otro lugar: 0.04 No especificado: 0.86 	

²⁰¹ Jiménez Cisneros, Blanca, et al., *Evaluación de la Política de acceso al agua potable en el Distrito Federal*, Universidad Nacional Autónoma de México, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, Coedición con el Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito Federal, Instituto de Investigaciones Jurídicas, Instituto de Ingeniería, Instituto de Investigaciones Económicas y Academia Mexicana de Ciencias, México, 2011, p. 54, 56.

²⁰² Elaboración propia con información de INEGI. Tabulados de la Encuesta intercensal 2015. Disponible en <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/>

Estimadores de los ocupantes de las viviendas particulares habitadas y su distribución porcentual según disponibilidad de drenaje y lugar de desalojo

Ocupantes de viviendas particulares habitadas: 8,912,820

- Disponen de drenaje. Lugar de desalojo (biodigestor): 5.48
 - No disponen de drenaje: 0.15
 - No especificado: 1.01
- Total: 98.83
Red pública: 94.19
Fosa séptica o tanque séptico: 0.26
Barranca o grieta: 0.06
Río, lago o mar: 0.06

En lo conducente a la remoción de las aguas residuales, el sistema de drenaje de la Ciudad de México desde sus inicios se construyó con el objetivo de captar y transportarlas fuera de la ciudad, ya que como la denominación lo indica, las aguas residuales son vector de los desechos vertidos de las casas-habitación, comercios, industrias y la escorrentía superficial.

El alcantarillado o drenaje en palabras de Blanca Jiménez “es la obra que asegura el desalojo del agua residual. Consta de una serie de estructuras que inician con la tubería que se instala dentro de las construcciones, a cargo del propietario, quien se debe de sujetar a las normas oficiales establecidas para el correcto funcionamiento. Esta tubería, denominada albañal, tiene salida conectada a la red pública. La tubería que colecta las aguas de los predios y las pluviales, que corren por las calles, forman la red de atarjeas que desalojan hacia otra serie de tubos, los cuales constituyen las redes secundarias (<50m) y primarias (<50 cm, 20 pulgadas). Posteriormente, los caudales de las redes primarias se vierten en sistemas de mayor capacidad que, en general, reciben el nombre de emisores. El destino final es el sitio que recibe los desechos líquidos sin provocar daño al ambiente ni a los cuerpos de agua en donde son vertidos, para lo cual generalmente es necesario el procesamiento en una planta depuradora.”²⁰³.

²⁰³ Jiménez Cisneros, Blanca, *La Contaminación Ambiental en México. Causas, efectos y tecnología apropiada*, Limusa Noriega Editores, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, A.C., México, 2001, 1ª reimpresión, p.157, 158.

En la ciudad de México se tiene una generación de aguas residuales de alrededor de 21.96 m³/s. A nivel de entidad federativa, las que en el año de 2012 generaron las mayores descargas de aguas municipales fueron el Estado de México con 24.22m³/s, el Distrito Federal con 21.96 m³/s y Veracruz con 16.08 m³/s, que en conjunto forman el 27.1% del volumen nacional generado²⁰⁴.

A continuación se presenta, con información del *Anuario estadístico y geográfico del Distrito Federal, 2015*²⁰⁵, la información desprendida de los datos generales de las aguas residuales de la ciudad:

- Los puntos de descarga de aguas residuales delegacionales sin tratamiento por delegación según tipo de cuerpo receptor.

Al 31 de diciembre de 2012, resalta que entre las dieciséis delegaciones los puntos de descarga que existen son 177 y que en 127 puntos de descarga están como *no especificado*, indica que hay más de dos tercios del total de puntos en que las descargas que se realizan con contaminantes sin tratamiento no constan especificados, no indican en dónde se están vertiendo. Esperamos que las autoridades competentes sí tengan esos datos y que en la presente información hayan omitido dicho dato, pues es alarmante no especificar en dónde se realizan estas descargas. Azcapotzalco, Cuauhtémoc, Iztacalco se ubican en zona industrial y se

²⁰⁴. Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, [www.semarnat.gob.mx, http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_3.html](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_3.html), a su vez, son datos tomados de CNA, Semarnat. Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2002. México. 2003. Conagua, Semarnat. Estadísticas del Agua en México. Ediciones 2007, 2008, 2010 y 2011. México. 2007, 2008, 2010 y 2011. Conagua, Semarnat. Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Ediciones 2011 y 2012. México. 2011 y 2012.

²⁰⁵ *Anuario estadístico y geográfico del Distrito Federal, 2015*, Ciudad de México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, p. 50, 51, 61, 132. www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/CDMX_ANUARIO_PDF15.pdf. INEGI. *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2011. Agua potable y saneamiento. Tabulados básicos*. www.inegi.org.mx (26 de junio de 2014). Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente; Dirección Ejecutiva de Vigilancia Ambiental. Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente; Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

muestra que existen más puntos sin tratamiento de sus aguas residuales, sin especificar.

- Los sitios de tratamiento de aguas residuales delegacionales por delegación según nivel de depuración.

Al 31 de diciembre de 2010, muestran que el nivel de tratamiento al que se le da la poca agua residual tratada es el secundario. Son 34 sitios registrados, la única delegación con tres sitios para nivel primario es Xochimilco, con 29 sitios registrados, encontramos que las delegaciones para nivel secundario es Xochimilco, Tláhuac y Tlalpan.

- Las visitas de inspección para el control de emisiones contaminantes por sector económico según principal elemento afectado.

Muestra que en el año 2014 solo se realizaron 34 visitas de inspección para el control de emisiones contaminantes al agua, 4 que corresponden a industrias manufactureras y 30 otros servicios, excepto actividades gubernamentales; ¿solo 34 visitas de inspección?, ¿qué han hecho entonces los demás días, todas las autoridades competentes que tienen la facultad y obligación de prevenir y controlar la contaminación y daño ambiental?, ¿solo 4 para todas las industrias manufactureras?, ¿qué se incluye en otros servicios?, ¿por qué se excluyen las actividades gubernamentales?.

Esta es una tabla que presenta el Gobierno de la Ciudad de México, un documento que resalta toda la ineficacia y falta de ética y responsabilidad en el desempeño de su trabajo, en la protección del ambiente y de la salud de todo ser vivo.

- La longitud de la red de distribución de agua potable, del sistema de drenaje y de agua residual tratada por delegación.

Al 31 de diciembre de 2014 (kilómetros), muestra la longitud de la red de distribución de agua potable, del sistema de drenaje y de agua residual

tratada por delegación. La longitud de la red de distribución de agua potable total es de 13,471 kilómetros, la longitud de la red del sistema de drenaje total es de 14,087 kilómetros y, la longitud de la red de agua residual tratada es de 848 kilómetros. La red de agua potable es casi igual para el drenaje, para el desalojo de las aguas residuales, no así la red del agua residual tratada, ocupa aproximadamente la mitad, acorde con los datos presentados anteriormente, en el que es poco el tratamiento de las aguas residuales y poco su reúso.

Lo que demuestra que falta mucho trabajo interdisciplinario y en equipo para que los números estadísticos cambien, que se demuestre que el previo y posterior tratamiento es vital, que se tenga como prioridad el saneamiento y la salud del ambiente.

Conocemos los factores implicados de los sistemas biológicos, químicos y físicos de tratamiento y depuración de las aguas residuales urbanas. Lo que se debe hacer ahora es utilizar todos esos elementos de trabajo de forma adecuada y razonada, adaptándolos a las acciones que paralelamente puede ejercer la naturaleza, de forma que se consiga un tratamiento, una depuración o, en su caso, una recuperación del agua, aprovechar los recursos útilmente con apoyo de una normatividad actualizada y enfocada a no desperdiciar ni contaminar, que el objetivo sea preventivo.

Recordemos que el recurso hídrico, sus fuentes, el aprovechamiento, las descargas, el no tratar las aguas residuales domésticas e industriales, el nulo o desorden de leyes, han generado desde más de un siglo enfermedades, contaminación, contiendas. Existe documentación que confirma estas aseveraciones y en la actualidad continúan dichos conflictos, pues no damos la importancia que merece el tema, aunado de que continúa la escasa información e investigación técnica y legislativa en México, ya nos encontramos en el punto de la necesidad para generar un vínculo con el agua, un vínculo con la forma de consumo

humano, con la forma de producción industrial, con la forma para la agricultura y el uso doméstico.

Por ello reiteramos la revisión y el cambio en la forma de consumir, de usar y aprovechar el agua; en uso doméstico, no desperdiciar; en uso industrial, reutilizar las aguas residuales generadas por las mismas producciones y no siempre que se utilice grandes dotaciones de agua potable en donde se pueda y deba utilizarse agua residual y, antes de verterlas tratarlas; al final de la conducción darles tratamiento para ser reusadas; en uso comercial, también las aguas vertidas deberían que tener un tratamiento previo, por ejemplo, las personas que se dedican al arreglo o modificación de automóviles, todos los aceites y demás mezclas que se ocupan van directo a las alcantarillas y después al drenaje, lo mismo sucede con las estéticas, en donde tintes y demás compuestos utilizados son vertidos a las alcantarillas, generando más contaminando al agua residual.

Todos y cada ser humano debemos estar informados de que nuestra conducta genera contaminación, pero también podemos cambiar y mejorar nuestros hábitos y costumbres para tratar de devolver el equilibrio de la vida.

La materia jurídica tiene la capacidad para transformar y regular el cuidado y protección del recurso hídrico. A través de los instrumentos jurídicos plantear y ejecutar políticas ambientales eficaces para que todo lo que se invierta no sea para seguir destruyendo al planeta. Las disposiciones legislativas que son relativas al medio ambiente y en nuestro tema, al agua residual, deben siempre considerar la prevención, conservación, protección, control y salud. Las aprobaciones realizadas por el Congreso de la Unión deben estar apoyadas en la realización de consultas con expertos jurídicos, financieros, comerciales, ingenieros, biólogos, químicos, en donde expongan sus argumentos y se tomen en cuenta para que se legisle en materia hídrica con total certeza y seguridad jurídica, para que el beneficio sea para el sector hídrico de nuestro país y del mundo; la investigación, ciencia y tecnología deben apoyar el ordenamiento jurídico. Hemos visto como un mal uso al agua

genera daños al ambiente a la salud y a la vida. Recordemos que el mayor bien común a proteger es la vida, todos somos responsables.

Los problemas del drenaje y saneamiento de las aguas residuales de la Ciudad de México seguirán generando un alto costo ambiental y social, continuarán hasta que pongamos y entendamos que sin agua no hay vida. Como la aseveración dice: *si el agua es vida, el drenaje es salud*, y por tanto todo el sistema de alcantarillado y el tratamiento de aguas residuales para reúso.

CONCLUSIONES

La historia de México y de la Ciudad de México, siempre ha presentado cambios. Ya en distintos medios se ha dicho que México atraviesa cambios, reformas, en el sexenio pasado y en el presente se han presentado reformas que constituyen planes con los cuales se pretende favorecer y enriquecer al país, como siempre, fortaleciendo la economía para elevar la productividad, por ejemplo, se mencionaba en el Plan Nacional Hídrico 2014-2018: "...impulsar y orientar un crecimiento verde, incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural... que genere riqueza, competitividad y empleo, implementar una política integral de desarrollo regional sustentable y avanzar en la gestión integrada de los recursos hídricos...".

El objetivo de esta tesis fue conocer: la legislación ambiental aplicable en materia de tratamiento de aguas residuales, las descargas vertidas en el drenaje de la Ciudad de México, el tren de tratamiento que actualmente se lleva a cabo para destinarla a diversos usos, así como conocer la infraestructura que conforma el sistema de alcantarillado y drenaje. Dando por resultado de esta investigación conformada por cuatro capítulos, concluyo lo siguiente:

PRIMERA. Se entiende por ambiente todo lo que rodea a los seres vivos, tanto los factores bióticos como los abióticos y, las expansiones demográficas son ambientes creados por el ser humano para vivir, en donde todas nuestras actividades y acciones tienen un impacto en el desarrollo de todos los seres vivos y no vivos, en el equilibrio ecológico del planeta.

SEGUNDA. Las aguas residuales son aquellas aguas provenientes principalmente de las actividades domésticas, comerciales, industriales, agropecuarias, que presentan materia orgánica, sustancias químicas, su mezcla en el sistema de alcantarillado, hace que la calidad y composición original se modifique; el vertido y/o combinación contiene sustancias tóxicas y microorganismos que son causa y transporte de contaminación en su trayecto y en el mismo cuerpo receptor.

TERCERA. Para su mejor estudio y tratamiento, se han clasificado a las aguas residuales. Se puede dividir a estas aguas en cuatro, la primera, aguas residuales industriales, serán aquellas que provienen de los procesos industriales; la segunda, aguas residuales municipales, también llamadas sanitarias o domésticas, y son aquellas que no provienen de las industrias, como lo son, las descargas de las viviendas, comercios, edificios; tercera, se puede anexar y separar el agua que proviene de la atmósfera (lluvia, nieve, hielo), o del riego de limpieza de lugares públicos, a éstas se les conoce como aguas blancas; y por último una cuarta clasificación son las aguas residuales agrícolas.

CUARTA. El drenaje está constituido por el sistema de alcantarillado, son conductos y estructuras que reciben, evacuan y conducen las aguas residuales hacia un cuerpo receptor. El drenaje se divide en tres: el primero, son sanitarios o alcantarillados de aguas negras, conducen aguas residuales municipales; los segundos, son los pluviales, que como el nombre lo indica reciben agua de lluvia y los terceros, son combinados o unitarios, reciben toda clase de aguas residuales. En el caso de la Ciudad de México, nuestro drenaje es combinado, el agua de lluvia se mezcla con las aguas industriales y domésticas se contamina y no se aprovecha como debiese hacerse.

QUINTA. Previamente al abastecimiento de agua potable para la población, se le da un tratamiento de potabilización al agua, para que cumpla con los criterios de calidad; posteriormente, cuando el recurso es utilizado, se devuelve, se vierte ya alterada, contaminada, a estas descargas en caso de provenir de los procesos industriales se tienen que tratar previamente a su vertido, cuando son municipales, no es necesario, algunas veces, las aguas residuales llegan a una planta de tratamiento (tratamiento primario, secundario, terciario, de lodos), pasan por una serie de fases para remover las sustancias contaminantes con el fin de evitar daños al ambiente. Un nulo o inadecuado tratamiento trae como consecuencias enfermedades, alteraciones genéticas, daños a la infraestructura hidráulica y alteraciones al medio ambiente por contaminación.

SEXTA. El Gobierno Federal y de la Ciudad de México tienen y presentan datos en los que se muestra que las aguas superficiales se encuentran contaminadas por las descargas de aguas residuales de todo tipo, pues no llevan tratamiento ni previo ni posterior al cuerpo receptor o para reúso. Los principales contaminantes son la materia orgánica, nutrientes, grasas y aceites sólidos sedimentables, virus, bacterias, metales pesados, plaguicidas, donde el efecto se refleja en la salud humana y de otros seres vivos. Es por ello que reconocemos, enfatizamos, apoyamos y también proponemos que las aguas residuales deben tratarse al 100 por ciento, con ello se protege la salud, se reduce la utilización de agua potable y se reúsa las residuales, se evita todos los daños y alteraciones a los cuerpos receptores naturales, se lleva un verdadero control de la contaminación, se recuperan cuerpos de aguas superficiales y subterráneos y, se cumple con verdaderos criterios de calidad, teniendo ética ambiental y conciencia.

SÉPTIMA. Al igual que otros países, en México se reconoce el vital papel que juegan los recursos naturales en la economía, desafortunadamente en México y en la Ciudad de México sólo se reconoce, pero no se ejecuta. Es así que, en nuestra Constitución Política, en el artículo cuarto se menciona el derecho a un ambiente sano para el desarrollo y bienestar, así como el derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para uso personal y doméstico. El Estado lo garantizará y, en caso de daño y deterioro ambiental generará responsabilidad ambiental. Al ser un derecho constitucional se debería ver reflejado no solo en la legislación ambiental, sino en la práctica que se lleva a cabo el procurar el “ambiente sano”, sin agua contaminada. En donde todos aquellos organismos y órganos gubernamentales pasaran de ser solo masa burocrática a masa burocrática actora, comprometida y digna de su cargo, desempeñando un papel estratégico en el control del recurso hídrico.

OCTAVA. En la Ley de Aguas Nacionales, se reconoce a la Comisión Nacional del Agua, como la autoridad del agua, teniendo por objeto la explotación, uso y aprovechamiento del recurso, preservar la calidad y cantidad para lograr un

desarrollo integral sustentable. El Instituto de Tecnología del Agua, entre sus atribuciones lleva a cabo investigación y desarrollo tecnológico del agua, coadyuva en la solución de problemas hídricos, porque el IMTA presenta una responsabilidad para presentar eficacia en su desempeño y evitar daños ambientales. La CONAGUA, el IMTA, los principios de la Política Hídrica Nacional, el Programa Hídrico Nacional junto con las leyes ambientales federales, generales y de la ciudad, presentan un orden que si se respeta y ejecuta pueden llevarse a cabo tantos proyectos en el país y en la ciudad, si hubiese más gente trabajando y no con el mínimo esfuerzo, tratando de obtener puro beneficio propio, rápido, a cambio de nada. Sin importar cuántas y cuál sea el contenido de las leyes ambientales, qué se establezca, qué se reconozca, cuáles sean los objetivos, las facultades, las atribuciones, las sanciones, no importará sino nos damos cuenta de quién (es) y cómo está (n) haciendo su labor. Es fundamental que las personas que infrinjan la ley ya no puedan estar en su cargo, no son dignas de representar ese deber, el deber de ejecutar y respetar la ley, de cuidar al planeta desde la trinchera jurídica burocrática. Es momento de no pensar en los riesgos y si en las soluciones, para las mentes que dudan, todo parece difícil.

NOVENA. En la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, en su parte conducente de normalización, se detalla el por qué y cómo se realizan las normas oficiales y las normas oficiales mexicanas, es muy importante, es un trabajo en donde se investiga, se certifica, se verifica e inspecciona con la finalidad de presentar un trabajo para proteger a las personas, para no dañar la salud de todo ser vivo y preservar los recursos naturales. Es por ello que las normas oficiales mexicanas correspondientes a las aguas residuales deben estar siempre actualizadas para cumplir con los objetivos.

DÉCIMA. La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente tiene el objetivo principal de regular la preservación y restauración del equilibrio ecológico, proteger al ambiente, entre sus atribuciones están las de prevenir y controlar la contaminación de las aguas que se descarguen en los sistemas de alcantarillado y

drenaje, con la participación de los estados y municipios, pues el agua al ser un ciclo a todos nos corresponde colaborar. La atribución de inspeccionar y vigilar el cumplimiento de la ley nos protege jurídicamente al tener la opción de exigir el cumplimiento de su desempeño, nos garantiza que hay la intención de proteger nuestros recursos. La planeación ambiental es un instrumento que incorpora las potencialidades de los recurso naturales y humanos, es primordial la colaboración.

DÉCIMA PRIMERA. La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en cuanto al control y prevención de la contaminación del agua, se reconoce que hay quienes no respetan, que no cumplen con los requisitos necesarios para descargar o que descargan sin tratar, para ello se tienen sanciones que van desde la multa hasta las clausuras, para esta práctica es fundamental la inspección y verificación del cumplimiento en los puntos de descarga y en cuerpos receptores. Por los vertimientos realizados se pagan derechos, están obligados a pagar el derecho por uso o aprovechamiento de los bienes del dominio público como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales, este derecho se calcula conforme al volumen vertido en un trimestre.

DÉCIMA SEGUNDA. En cuanto a la legislación de aguas residuales en la ciudad, tenemos la Ley Orgánica de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad, la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal, la Ley de Salud del Distrito Federal, la Ley Cívica de la Ciudad de México, la Ley de Aguas del Distrito Federal. En la primera, se establece la estructura, atribuciones y procedimientos de la Procuraduría, es la autoridad ambiental en la ciudad, vigila el cumplimiento de las disposiciones ambientales para que no se produzcan desequilibrios ambientales, el procedimiento se inicia con la denuncia hecha por cualquier persona afectada o por oficio, a la conclusión de la Procuraduría del juicio reciben el nombre de recomendaciones y sugerencias. En este punto no estoy de acuerdo en que sean solo recomendaciones y sugerencias, esto da la opción de hacer o no hacer caso a lo que la autoridad ambiental de la ciudad está concluyendo, y en materia ambiental no se debe de dar la opción para cumplir, en

caso de contaminación, alteración, daño al ambiente, al agua, se está perjudicando la calidad de vida de todos los que habitamos el planeta, no hay lugar para la opción. En la segunda ley se establecen los principios por los cuáles se formularán y conducirán y evaluarán la política ambiental en la ciudad, se tiene como objetivo restaurar el equilibrio ecológico, prevenir daños, preservar los recursos, se señala que el tratamiento previo a las descargas es primordial y el posterior también, se reúsa el agua residual. Al igual que en la LGEEPA esta ley prohíbe las descargas en cuerpos receptores no autorizados, se tiene que tramitar la Licencia Ambiental Única a aquellas fuentes que descarguen distintas a las domesticas, son un riesgo las aguas residuales porque presentan contaminantes.

DÉCIMA TERCERA. La ley de Aguas del Distrito Federal regula la gestión integral de los recursos hídricos y la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reuso de aguas residuales. Para cumplir este objetivo el Sistema de Aguas de la Ciudad de México tiene una labor fundamental, pues su desempeño evita que la ciudad se inunde o que no haya agua.

El SACMEX entre sus facultades están: establecer los criterios para para el control y la prevención de la contaminación por la descarga de aguas residuales, monitorear la calidad del agua, revisar y aprobar los sistemas de tratamiento de aguas residuales, establecer las condiciones específicas de pretratamiento de las descargas no domésticas que lo requieran para la remoción o reducción de concentraciones de determinados contaminantes, utilizar agua residual cuando se pueda y no se necesite potable.

El SACMEX necesita un presupuesto acorde a sus funciones, casi todo se destina al abastecimiento, no se ha dado la importancia de lo que realiza, no hay ni conocimiento ni conciencia del trabajo que se realiza para abastecer de agua a la ciudad, y después el trabajo que se realiza para desalojar esas aguas fuera de la ciudad. Al SACMEX le corresponde presentar al Jefe de Gobierno los montos de los derechos por los servicios de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y

drenaje, montos que sean acorde a la realidad. El agua no se escatima, pero tampoco se regala, ya no.

DÉCIMA CUARTA. La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de las descargas. Esta NOM no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes separados de aguas pluviales. Entre las observaciones realizadas son: se tienen que actualizar, las concentraciones de los contaminantes, de los límites máximos permisibles; el hecho de que los responsables tengan la opción de cumplir con las descargas por norma o por condiciones particulares de descarga, deja a un lado a las autoridades competentes, debiesen ser éstas las que determinen qué es lo mejor en base a la carga de contaminantes, puesto que si se deja al responsable, siempre decidirá lo más conveniente para contaminar más y cumplir menos; en cuanto a la inspección, vigilancia y verificación también hay un rezago pues si se cumpliera el trabajo de la prevención y el previo tratamiento, un hubiese contaminación y los efectos en el ambiente fuesen otros; no solo está fomento por cumplimiento con incentivos fiscales por si optan cumplir o cumplir a medias con los parámetros permisibles y sólo con los enlistados, pues actualmente existen más contaminantes no enunciados en la norma. Esta NOM menciona que el muestreo puede ser mensual o diario, ¿de qué depende esta decisión?, ¿de quién?, ¿por qué?, el muestreo debe ser diario, en caso contrario se interpreta hoy cumpla porque mañana toca inspección, mañana ya no cumpla; diario el muestreo, diario la verificación de que se está cumpliendo con la norma, diario el cuidado al agua, a la salud y este muestreo debe ser realizado por otra persona que no sea el responsable de la descarga, para evitar alteración en los resultados y el punto de muestra debe ser también en distintos puntos, pues de igual forma no es lo mismo el punto inicial de desagüe que al ir avanzando. La protección al ambiente no se puede ni se tiene que quedar como opción, es una obligación de todos, en el punto 4.9 los responsables pueden quedar exentos de realizar los análisis a sus descargas

si demuestran que sus procesos no generan contaminantes a exentar solo los enlistados, esto nuevamente da la posibilidad de tergiversar la información, si se tiene un proceso con estas características sería como complemento para seguir con el cuidado del recurso, pero no para exentar de nada.

DÉCIMA QUINTA. La Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas de alcantarillado, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma no se aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado. Las observaciones realizadas son: en esta norma se permite contaminar, permite que las aguas residuales contengan altos índices de contaminantes, estas descargas pueden generar daños a la salud y daños al sistema de alcantarillado, las autoridades competentes tienen conocimiento de ello, por ello es que esta norma invita a conocer cuáles son los límites máximos permisibles de contaminantes que pueden ser vertidos a las alcantarillas para evitar daños mayores. El periodo de los promedios, los valores, los resultados hay que actualizarlos. El punto 4.7 da la opción al responsable de no cumplir con los parámetros máximos si se presenta la remoción de DBO y SST, nuevamente si se presenta este proceso, debe quedar como complemento y no como opción para no cumplir con los parámetros. En cuanto a la inspección, vigilancia y verificación también hay un rezago pues si se cumpliera el trabajo de la prevención y el previo tratamiento, un hubiese contaminación y los efectos en el ambiente fuesen otros; actualmente existen más contaminantes no enunciados en la norma, se necesita una revisión y actualización del impacto de estas descargas al ambiente.

DÉCIMA SÉXTA. La Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas

residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reuso. Las observaciones realizadas son: se enfatiza en la opción y la necesidad de reutilizar las aguas residuales para aquellas actividades en que sea posible, estas aguas tienen que tener un previo tratamiento que cumpla con las especificaciones para ser reutilizadas, se pueden ampliar los usos y promover esta acción de la reutilización para así dejar el agua potable para otros usos.

En estas tres normas en la parte conducente de grado de concordancia con normas internacionales, expresa que no existe alguna, sin embargo, si hay normas de otros estados en las cuales cuentan con tratamiento más avanzados, más limpios, en donde los contaminantes es un listado mucho mayor y las concentraciones son más estrictas y si se vigila el cumplimiento de las descargas de las aguas residuales. Estas tres normas no incluyen la toxicidad, es un concepto que no puede olvidarse.

DÉCIMA SÉPTIMA. El Capítulo Tercero, sirvió para conocer el marco institucional tocante a las aguas residuales de la Ciudad de México, que son las autoridades hídricas nacionales, las competencias de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Comisión Nacional del Agua; en la ciudad los son las Alcaldías y la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial; los organismos operadores de estas aguas son el Sistema de Aguas de la Ciudad y las Alcaldías. Todas las autoridades y operadores llevan a cabo las funciones de drenar la ciudad a través de mecanismos y convenios de coordinación, se refleja el trabajo interdisciplinario y multidisciplinario para evitar que la cuenca de México se inunde y hunda por completo.

Dentro de la estructura orgánica de la Comisión Nacional del Agua a nivel federal, nivel regional hidrológico-administrativo, por organismo de Cuenca, y nivel local, siempre se mantiene que se debe de garantizar el desarrollo sustentable, para continuar con las actividades económicas, sociales, ambientales; el apoyo al

desarrollo para los sistemas de alcantarillado, drenaje, saneamiento, tratamiento de aguas residuales, reúso de las mismas, para distintos usos, como lo hemos visto, para recarga de acuíferos, en agricultura, riego en ciudades, usos en la industria, comercio, casa-habitación. Los convenios de cooperación entre las dependencias federales y municipales destacando para prestar los servicios públicos, respetando así el derecho a la salud, que nos lleva al derecho a la información, información sobre la calidad y cantidad del agua, que las autoridades sepan que contaminantes se están vertiendo, la contaminación, riesgos y consecuencias generadas por las descargas, si ya es certero que se desecharan sustancias tóxicas, buscar la mejor manera de prevenir y revertir.

Se puede lograr mejorar los tratamientos de aguas residuales, ampliar los parámetros de contaminantes, tratar las aguas antes de verterlas, reusar las mismas en diversas actividades y procesos en industrias, para con ello, tener una verdadera conciencia de que si o cuidamos el agua y, como ya está comprobado la relación agua-salud, no vivimos, nos enfermamos y enfermamos a todos los demás seres vivos que habitan el planeta.

DÉCIMA OCTAVA. En el Capítulo Cuarto expusimos datos de la ciudad, nos percatamos de que somos millones de habitantes sobreviviendo en la urbe, millones que necesitamos agua, millones que generamos descargas de aguas residuales con contaminantes, provenientes de casas, edificios, industrias. Que al final de la descarga todas las aguas se juntan, pues la ciudad posee un drenaje combinado, las plantas de aguas residuales se ubican en el norte de la ciudad, es ahí donde se concentran las industrias. El tratamiento que predomina es el secundario en todos los sectores. Pudimos ver que hay una insuficiencia en cuanto a capacidad de las plantas para tratar las aguas, no se tratan ni el cincuenta por ciento. Se necesita construir más plantas de tratamiento, equiparlas con material adecuado, ubicarlas estratégicamente, de acuerdo a la topografía y a las redes de alcantarillado, capacitar al personal, contratar más personas para la ejecución, para investigación, en este tema no se debe de escatimar en gastos, si hay dinero en la ciudad, solo

que está mal destinado, por ejemplo, a los partidos políticos, al Instituto Nacional Electoral y más. En México tenemos muchas personas interesadas en el tema, no debemos abandonar estas mentes, invertir en el recurso humano es lo más sano que se puede hacer, para que entre todos cuidemos nuestra ciudad, nuestro país.

DÉCIMA NOVENA. La historia del drenaje, data desde que el humano dejó de ser nómada y paso al sedentarismo, los desechos han sido percibidos, pues se dejó de desplazar, siempre cerca del agua, ahí desembocaban los desechos. En México después de la llegada de los españoles al no entender el sistema de drenaje que existía, cerraron las salidas, con el paso del tiempo, se cerraron los ríos y ahora las aguas residuales las sacan de la ciudad, para evitar inundaciones. El drenaje de la ciudad de México es complejo abarca kilómetros, cuenta con una infraestructura bien realizada, se necesita seguir con el mantenimiento, que las personas continúen en capacitación. Aunque también cabe la pregunta ¿por qué se desalojan las aguas residuales?, mejor reusémoslas, no se tendría que desaguar la totalidad de estas aguas, hay muchos usos que se le puede dar.

VIGÉSIMA. La construcción del Túnel Emisor Oriente, de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco, la Planta de El Caracol, otras plantas y demás infraestructura para las aguas residuales, muestra el gran interés que debe haber en este tema, necesitamos seriamente inyectar recursos económicos y humanos para renovar, ampliar y brindar el servicio necesitado para dar acceso a aquellas zonas en donde no hay drenaje.

VIGÉSIMA PRIMERA. El control de la contaminación del agua es el medio idóneo para la lucha contra las enfermedades, se mejorará las condiciones de salud.

VIGÉSIMA SEGUNDA. Las aguas residuales precisan urgentemente la atención de los distintos niveles de gobierno, se necesitan conectar todos los organismos y órganos para trabajar coordinados, capacitados en materia ambiental de ingeniería

y jurídica, para que se cumplan los objetivos ambientales y mejorar las condiciones del agua en general de la ciudad y por tanto a los ciudadanos.

VIGÉSIMA TERCERA. México, la Ciudad de México, no puede seguir ignorando el tema del tratamiento de las aguas residuales generadas en la ciudad, el agua es el recurso, me atrevo a decir, más importante, hay guerras por el agua, la política ambiental hídrica se debe incluir ya mismo en la agenda de los legisladores, no se puede postergar más ni su estudio, ni su ocupación, la economía también depende del agua, si no hay agua, no hay vida.

BIBLIOGRAFÍA

ALBANY, Herman E. Hilleboe, M. D., Comisionado, *Manual de Tratamiento de Aguas*, Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Dirección de Saneamiento del Medio Ambiente y Oficina de Entrenamiento Profesional; Raúl Guerrero Torres, tr. —México, Editorial Limusa, 2012.

AVILA García, Patricia, Editora, *Agua, Medio Ambiente y Desarrollo en el Siglo XXI*, El Colegio de Michoacán, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Centro Público de Investigación, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 2003.

BAQUEIRO Rojas, Edgard, *Introducción al Derecho Ecológico*, Universidad Nacional Autónoma de México, Editorial Oxford University Press-Harla, México, 1997.

BRAÑES Raúl, *Manual de Derecho Ambiental Mexicano*, Editorial Fondo de Cultura Económica, Sección de Obras Políticas y Derecho, segunda edición, México, 2000.

BREÑA Puyol, Agustín Felipe, *Hidrología Urbana*, Universidad Autónoma Metropolitana, Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana, Materiales de Apoyo Didáctico, México, Distrito Federal, junio 2003.

BURGOA Orihuela, Ignacio, *Derecho Constitucional Mexicano*, Porrúa, México, 2010.

GUASCH Y SAUNDERS, Juan Carlos, *Evaluación de la infraestructura hidráulica de la Cuenca del Valle de México*, Gobierno del Distrito Federal, Secretaria del Medio Ambiente, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, México, 2004.

HERNÁNDEZ Muñoz, Aurelio, *Saneamiento y Alcantarillado*, quinta edición, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, Colección Senior, número 7, Parinf, España, Madrid, 1997.

Saneamiento y alcantarillado, segunda edición, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Servicio de Publicación de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, Colección Senior, número 7, Madrid, 1990.

JIMÉNEZ Cisneros, Blanca, *La Contaminación Ambiental en México, Causas, Efectos y Tecnología apropiada*, Limusa Noriega Editores, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, A.C, primera reimpresión, México, 2001.

JIMÉNEZ Cisneros, Blanca, Rodrigo Gutiérrez Rivas y Boris Marañón Pimentel, *Evaluación de la Política de acceso al agua potable en el Distrito Federal*, Universidad Nacional Autónoma de México, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, Coedición con el Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito Federal, Instituto de Investigaciones Jurídicas, Instituto de Ingeniería, Instituto de Investigaciones Económicas y Academia Mexicana de Ciencias, México, 2011.

LAZCANO Carreño, Cesar, *Biotecnología Ambiental de Aguas y Aguas Residuales*, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ecoediciones, Colección Ingeniería y Salud en el Trabajo, Área Ingeniería Ambiental, Segunda edición, Bogotá, Colombia, Reimpresión México 2016.

LOPEZ Ruiz, Rafael, *Aguas Residuales, Municipales y Biosólidos. Elementos básicos, caracterización, tratamiento, reúsos*, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería Civil, Topográfica y

Geodésica, Departamento de Publicaciones de la Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, Secretaría de Servicios Académicos, México, agosto, 2003.

LOPEZ Sela, Pedro Luis y Alejandro Ferro Negrete, *Derecho Ambiental*, IURE Editores, Colección Textos Jurídicos, México, 2006.

MACKENZIE-L, Davis y Susan J. Masten, *Ingeniería y Ciencias Ambientales*, Editorial Mc Graw Hill, México, 2005.

MASKEW Fair, Gordon, John Charles Geyer, Daniel Alexander Okun, *Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Abastecimiento de aguas y Remoción de Aguas Residuales*, Editorial Limusa, Tomo I, México, 1983.

Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales, Editorial Limusa Noriega Editores, Tomo II, México 1996.

MEJÍA Ponce de León, Adolfo, *Política Ambiental y Transversalidad en México*, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Instituto Politécnico Nacional, México, junio, 2014.

MERÉ Alcocer, Francisco Javier, *Tratamiento y Control de la Contaminación de las Aguas Urbanas*, Editorial Talleres de Enlaces Gráficos de Querétaro, Universidad Quetzalcóatl en Irapuato, Guanajuato, 2003.

MORALES Muñoz, José Luis, *Manual de Mantenimiento del Drenaje Profundo: Lumbrera L8A-L8B*, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis que para obtener el Título de Ingeniero Civil presenta José Luis Morales Muñoz, Director de Tesis Ing. José Manuel Bahamonde Peláez, Ciudad Universitaria, México, D.F. 2014.

NAVA Escudero, Cesar, *Ciencia, Ambiente y Derecho*, Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Estudios Jurídicos, Número 626, México, 2012.

PAREDES, Alberto Jaime, *La legislación ambiental y la Ingeniería Civil frente al Ambiente*, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Instituto de Ingeniería, Series del Instituto de Ingeniería, México, 1996.

PATIÑO Camarena, Ernesto Javier, *Clase Teoría de la Constitución*, apuntes de fecha 4 de mayo de 2007, Facultad de Derecho, Universidad Nacional Autónoma de México.

PÉREZ Carmona, Rafael, *Desagües*, Escala Fondo Editorial, Escala Revista de Arquitectura, Arte e Ingeniería, Escala Taller Litográfico, Bogotá, Colombia, 1988.

PEREZ López, José Antonio y Miguel Espigares García, *Estudio Sanitario del Agua*, Universidad de Granada, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada, Campus Universitario de Cartuja, Granada, Colección Anónimas y Colectivas, España, 1995.

PERLÓ Cohen, Manuel, Arsenio Ernesto González Reynoso, *¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas en el Distrito Federal y el Estado de México*, Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Humanidades, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, segunda edición, México, 2009.

RABASA, Emilio O. y Carol B. Arriaga, *Agua. Aspectos constitucionales*, Editorial Porrúa, Universidad Nacional Autónoma de México, México 2011.

RAMALHO, Rubens S., *Tratamiento de Aguas Residuales*, Editorial Reverté, Barcelona, España, 1996.

RAMÍREZ Cortina, Clementina R., *Tratamiento de Aguas Residuales Industriales*, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Colección Libro de Texto, México, 1992.

RAMIREZ H., Guillermo y Noemí Stolarski R., compiladores, *Agua y Drenaje Metropolitanos. Los Retos de la Ciudad de México*, Fundación Distrito Federal, Cambio XXI, Departamento de Ediciones de la Fundación Distrito Federal, Cambio XXI, México, 1993.

RIVEROS Olivares, Bruno, *Tratamiento de Aguas Residuales Municipales en la Ciudad de México*, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis que para obtener el Título de Ingeniero Civil presenta Bruno Riveros Olivares, Director de Tesis M. I. Alba Beatriz Vázquez González, Ciudad Universitaria, México, 2013.

RODRÍGUEZ Jiménez, Juan J, editor, *La Ingeniería Ambiental. Entre el reto y la oportunidad*, Editorial Síntesis, Madrid, España, 2002.

SÁNCHEZ Espinoza, José, *Evolución de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental en México*, Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, Secretaría General de Obras, Departamento del Distrito Federal, primera edición, octubre, 1994.

SANCHEZ Gómez, Narciso, *Relevancia Jurídica y Social de las Aguas Nacionales*, Universidad Nacional Autónoma de México, Colección Textos y Apuntes, número 53, primera edición, México, 2004.

SEOÁNEZ Calvo, Mariano, *Tratado de Gestión del Medio Ambiente Urbano*, Ediciones Mundi Prensa, Colección Ingeniería del Medio Ambiente, Madrid, Barcelona, México, 2001.

Aguas Residuales urbanas. Tratamientos Naturales de Bajo Costo y Aprovechamiento, Ediciones Mundi-Prensa, Colección Ingeniería Medioambiental, Madrid, 2001

SOLÍS Segura, Luz María y Jerónimo Amado López Arriaga, compiladores, *Principios Básicos de Contaminación Ambiental*, primera edición, Editorial Emahaia, Universidad Autónoma del Estado de México, México, 2003.

STEEL, E. W. y Terrence J. McGhee, *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado*, Editorial Gustavo Gil, Barcelona, quinta edición, España, Barcelona, 1981.

TOVAR, Azael Fernando, *La Ingeniería civil en México*, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e ingeniería, Secretaría de Desarrollo Internacional, Boletín Científico, Publicación Semestral PADI, número1, Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, Volumen 1, semestral, México, Estado de Hidalgo, Julio 2013.

TRAPOTE Jaume, Arturo, *Infraestructuras Hidráulico-Sanitarias II. Saneamiento y Drenaje Urbano*, Publicaciones de la Universidad de Alicante, Editorial, UNE, España, 2011.

VALDEZ, Enrique Cesar, y Alba B. Vázquez González, *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales*, Fundación ICA, A.C., Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, México, 2003.

HEMEROGRAFÍA

La Jornada, *Agua*, Periódico La Jornada, primera edición, Edición Especial, México, 2005.

LEGISLACIÓN

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Ley Federal de Derechos
Ley Federal sobre Metrología y Normalización
Ley General de Cambio Climático
Ley General de Salud
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
Ley de Aguas Nacionales
Reglamento de las Ley de Aguas Nacionales
Ley Orgánica de la Administración Pública Federal
Constitución de la Ciudad de México
Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal
Ley de Aguas del Distrito Federal
Ley de Coordinación Metropolitana de la Ciudad de México
Ley de Cultura Cívica de la Ciudad de México
Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para la Ciudad de México
Ley de Salud del Distrito Federal
Ley del Derecho a los Servicios Públicos de Agua Potable, Drenaje, Alcantarillado y Tecnología Hídrica de la Ciudad de México
Ley Orgánica de Alcandías de la Ciudad de México
Ley Orgánica de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México
Plan Nacional Hídrico 2014-2018
NOM-001-SEMARNAT-1996
NOM-002-SEMARNAT-1996
NOM-003-SEMARNAT-1997

Fuentes Digitales

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, *Política de Saneamiento Ambiental*, en <http://www.iadb.org/es/acerca-del-bid/politica-de-saneamiento-ambiental,6226.html>

BANCO INTERNACIONAL DE RECONSTRUCCIÓN Y FOMENTO, Banco internacional de Reconstrucción y Fomento, Banco Mundial, Ministerio de Economía y Hacienda del Gobierno de España, Comisión Nacional del Agua, Asociación Nacional de Empresas y Saneamiento, A.C., *Agua Urbana en el Valle de México: ¿un camino verde para mañana?*, México, 2013, en <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2015/06/Agua-Urbana-en-el-Valle-de-Mexico.pdf>

COMISIÓN FEDERAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS, *Saneamiento Básico. Manual de Saneamiento Básico para personal técnico*, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, segunda edición, México, D.F, 2011, en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/138738/manual_saneamiento_tec.pdf

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, *Estudio de Factibilidad del Saneamiento del Valle de México, Informe final*, Comisión Nacional del Agua, Departamento del Distrito Federal, Estado de Hidalgo, Estado de México, diciembre, 1995.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua, *Evaluación de la toxicidad de descargas municipales*, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de la Tecnología del agua, noviembre, 1993.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, *Instrumentos de gestión de la CONAGUA*, Comisión Nacional del Agua, en <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/instrumentos-de-gestion-del-agua>

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, Colegio de Ingenieros Civiles de México, Grupo del Agua, *La planta de tratamiento de aguas residuales El Caracol y el Programa de Sustentabilidad Hídrica del Valle de México*, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Agua y Saneamiento, Coordinación de Proyectos Especiales del Valle de México, México, junio, 2012, en <https://es.slideshare.net/CICMoficial/la-planta-de->

tratamiento-de-aguas-residuales-el-caracol-y-el-programa-de-sustentabilidad-hidrica-del-valle-de-mexico

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, *Manual de Integración de la CONAGUA*, Comisión Nacional del Agua, Manual de integración, estructura orgánica y funcionamiento, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, México, D.F., octubre 2014, en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Manual%20de%20Integracion,EOyF.pdf>

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, *Naturaleza de la CONAGUA*, Comisión Nacional del Agua, en <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/instrumentos-de-gestion-del-agua>

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, *Normas Oficiales Mexicanas*, Comisión Nacional del Agua, en www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-oficiales-mexicanas-nom-83264

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, *Objetivo de la CONAGUA*, Comisión Nacional del Agua, en www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=1&n2=3

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, *Semblanza histórica del agua en México*, Editorial Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua de la Comisión Nacional del Agua, México, D.F., 2009, en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-28SemblanzaHist%C3%B3ricaM%C3%A9xico.pdf>

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, *Sistema Nacional de Información del Agua*, Comisión Nacional del Agua, en www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-informacion-de-agua-sina
<http://sina.conagua.gob.mx/sina/>

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, *Zonas de vedas, zonas de reserva*, Comisión Nacional del Agua, en www.gob.mx/conagua/documentos/vedas-reservas-y-reglamentos-de-aguas-nacionales-superficiales y <https://www.gdireob.mx/conagua/documentos/vedas-reservas-y-reglamentos-de-aguas-nacionales-superficiales>

DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, *Definición de Ambiente*, en <http://dle.rae.es/?id=DanWpmR>

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO, *Cuidar el agua es cosa de todos*, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Cultura Ambiental, en <http://www.cuidarelagua.cdmx.gob.mx/index.html>

GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL, Secretaría del Medio Ambiente, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, *El Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México. Desarrollo y Perspectivas*, Foro del 21 de marzo de 2006, en www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/foro4/21%20marzo/Floodsdrought/Drenaje.pdf

GOBIERNO FEDERAL, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Agua, *Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México*, en https://www.riob.org/fr/file/265225/download?token=Hu__MXIC

GUASCH y Saunders, Juan Carlos, *Evaluación de la Infraestructura Hidráulica de la Cuenca del Valle de México*, Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, Finanzas y Administración del Agua en el Distrito Federal, México, Foro del 23 de septiembre de 2004, en www.martha.org.mx/aldf/tlegislativo/comisiones/agua/foro/fscommand/03Eval_Infraestruct_hidraul_CdMex%20_23%Sept%2004_.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, *Anuario estadístico y geográfico del Distrito Federal, 2015, Ciudad de México*, en www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/CDMX_ANUARIO_PDF15.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2011. Agua potable y saneamiento. Tabulados básicos*, en www.inegi.org.mx

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2013. Agua potable y saneamiento. Tabulados básicos*, en www.inegi.org.mx

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, *Estimadores de las viviendas según disponibilidad de agua entubada, acceso al agua, drenaje y desalojo*, en: *Tabulados de la Encuesta intercensal 2015*, en <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, *Principales enfermedades de causa de mortandad*, en, <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/vitales/mortalidad/tabulados/ConsultaMortalidad.asp>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, *Principales enfermedades registradas al 2011 en la Ciudad de México, Anuario Estadístico de Distrito Federal 2012*, en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee12/estatal/df/default.htm>

PONCE DE LEÓN Mejía, Adolfo Profesor titular C del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del IPN, publicó en junio de 2014 un archivo PDF titulado *Política Ambiental y Transversalidad en México*.

http://www.ciiemad.ipn.mx/Eventos/Documents/pdf/30_Aniversario_CIIEMAD/03JUNIO2014/03_03JUNIO2014.pdf

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA, *Carta sobre los Fines de la Educación en el Siglo XXI*, en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114503/Los_Fines_de_la_Educacion_en_el_Siglo_XXI.PDF

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA, *Modelo Educativo para la Educación Obligatoria*, en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/198738/Modelo_Educativo_para_la_Educacion_Obligatoria.pdf

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, Comisión Nacional del Agua, *El Agua y el Valle de México*, Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua, Comisión Nacional del Agua, México, septiembre, 2012.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, *Cómo está conformada el Comité Técnico de Normalización Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales*, en <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/comites-del-sector-medio-ambiente-y-programa-de-normalización>

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, *La gestión ambiental en México*, México, noviembre, 2006, en http://www.paot.mx/centro/informacion/semarnat/Gestion_Ambiental_semarnat06.pdf

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, Comisión Nacional de Agua, *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*.

Introducción al Tratamiento de Aguas Residuales Municipales, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Agua, Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, México, sexenio 2012-2018.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, Comisión Nacional del Agua, *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, Edición 2002, México. 2003, en http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_3.html

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, Comisión Nacional del Agua, *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, Ediciones 2011 y 2012. México. 2011 y 2012.

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO, *Cuidar el Agua es cosa de todas y todos*, Dirección de Educación Ambiental, México, 2016, en sedema.cdmx.gob.mx/educacionambiental

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO, *Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 2014*, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, Unidad Departamental del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, 2017, en http://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Reporte%20PTAR_2014.pdf

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO, Subdirección de Procesos Escolarizados de la Dirección de Educación Ambiental, *Suelo urbano y suelo de conservación*, en: <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/biodiversidadcdmx/suelos.html>

SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO, *Atribuciones del SACMEX*, Decreto publicado en la Gaceta Oficial de fecha 3 de diciembre de 2002, en <https://www.sacmex.cdmx.gob.mx/dependencia/acerca-de>

TRÁMITES Y SERVICIOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO, *Licencia Ambiental Única para el Distrito Federal*, en http://www.tramites.cdmx.gob.mx/tramites_servicios/muestraInfo/142

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Red del Agua, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, Gobierno de la Ciudad de México, *La Crisis del Agua en la Ciudad de México. Retos y Soluciones*, Foro del 9 de diciembre de 2013, en <http://www.agua.unam.mx/sacmex/documentos.html>

Anexo I. Índice de Tablas, Figuras y Gráficas

ÍNDICE DE TABLAS		
Número	Título de la Tabla	Pág.
1.1	Cronología de los sistemas de alcantarillado	6, 7
1.2	Reúso agrícola	30, 31
1.3	Límites máximos de la NOM-001-ECOL/1997 permisibles para contaminantes básicos, metales pesados y cianuros	33
1.4	Contaminantes importantes de las aguas residuales	49, 50
1.5	Alteraciones por acumulación de metales pesados	50
1.6	Contaminantes de importancia en aguas residuales	56
1.7	Contaminantes, parámetros e impactos ambientales	56, 57
1.8	Organismos patógenos comúnmente encontrados en aguas residuales y enfermedades que causan	57, 58
4.1	Sistema de agua potable y sistema de drenaje de la Ciudad de México	199, 200
4.2	Construcción de cinco Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con diversos niveles de calidad de agua tratada	203
4.3	Número de plantas de tratamiento de aguas residuales en cada delegación por sector económico	216, 217
4.4	Listado de subsectores de la industria que presentan Planta de tratamiento de aguas residuales en la Ciudad	217, 218
4.5	Listado en el sector servicios que presentan Planta de tratamiento de aguas residuales en la Ciudad	218
4.6	Listado de subsectores en comercio que presentan Planta de tratamiento de aguas residuales en la Ciudad	219
4.7	Características del Sistema de Drenaje Profundo	252, 253
4.8	Indicadores de los ocupantes de las viviendas habitadas y su distribución porcentual según disponibilidad de agua entubada, acceso al agua; por fuente de abastecimiento; drenaje y desalojo. Al 2015	259, 260

ÍNDICE DE FIGURAS		
Número	Título de la Figura	Pág.
1.1	Clasificación de drenajes sanitarios, pluviales y combinados	41
1.2	Subsistema de administración de agua residual	42
1.3	Origen y destino de las aguas residuales	52
4.1	Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco	206
4.2	Ubicación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs) en el Valle de México	208
4.3	Mapa de la ubicación de los establecimientos que cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales en la Ciudad de México	212
4.4	Ubicación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de México	213
4.5	Esquema del sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México	238
4.6	Principales obras del sistema de drenaje del Valle de México	244
4.7	Pérdida de pendiente del Gran Canal de Desagüe	245
4.8	Trazo del Túnel Emisor Oriente y ubicación de las lumbreras	253
4.9	Túnel Emisor Oriente y Sistema Principal de Drenaje del Valle de México	254
4.10	Suelo de conservación	258

ÍNDICE DE GRÁFICAS		
Número	Título de la Gráfica	Pág.
1.1	Hidrograma típico de la generación de aguas residuales domésticas	43
4.1	Flujo de agua residual tratada por tipo de tratamiento en la Ciudad de México	214
4.2	Ubicación de Plantas de Tratamiento por delegación	215
4.3	Flujo de agua residual por delegación (l/s)	215
4.4	Número de plantas de tratamiento de agua residual por sector económico	216
4.5	Uso del agua residual tratada por los establecimientos que presentan planta de tratamiento de agua residual en la Ciudad de México	223

Anexo II. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de México

Delegación	Planta	Capacidad Instalada (lps)	Caudal medio anual tratado (lps)	Destino del agua tratada
Álvaro Obregón	Santa Fe	280	59	Saneamiento de la barranca Tlalpizahuaya y riego de áreas verdes Zedec Santa Fe.
Azcapotzalco	El Rosario	25	15	Riego de áreas verdes en la delegación y llenado del lago del Parque Tezozomoc, suministro de la zona industrial.
Coyoacán	Coyoacán	250	154	Riego de áreas verdes de la zona Sur-Oriente de las delegaciones Coyoacán, Tlalpan y Álvaro Obregón. Abasto a zonas industriales y Canal Nacional.
Cuauhtémoc	Tlatelolco	22	10	Unidad Habitacional Nonoalco Tlatelolco, riego de las Alamedas Central y Santa María la Rivera, deportivo Plutarco Elías Calles.
Gustavo A. Madero	Acueducto de Guadalupe	110	56	Zona Industrial, Vallejo riego de áreas verdes.
	San Juan de Aragón	500	167	Llenado del lago y riego de áreas verdes en el Bosque de San Juan de Aragón, Alameda Oriente, auto lavados y deportivos de la zona.
Iztacalco	Ciudad Deportiva	230	101	Zonas industriales de Iztapalapa, e Iztacalco, deportivos, camellones y áreas verdes.
	Iztacalco	13	13	Riego de áreas verdes en la Unidad Habitacional INFONAVIT Iztacalco.
Iztapalapa	Cerro de la Estrella	3,000	2,190	Áreas verdes y zona industrial de Iztapalapa, zona agrícola y chinampera de Tláhuac y Xochimilco, Calz. Ignacio Zaragoza, Sierra de Santa Catarina para riego agrícola.
	Santa Martha Acatitla	14	11	Complejos de Reclusorios de Santa Martha Acatitla y áreas verdes.
Magdalena Contreras	Río Magdalena	50	23	Río Magdalena y control de la contaminación.
Miguel Hidalgo	Bosques de las Lomas	25	15	Riego de camellones en las avenidas Palmas y Reforma, comercios en Polanco.
	Chapultepec	160	53	Lago de la 1a y 2a Sección de Chapultepec, rebombeos fuente de Xochipilli, Tanque Zaragoza, Panteón Dolores, Central Poniente, Paseo de la Reforma, parques México y España, camellones de Polanco.
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	60	30	Zona agrícola de la delegación Milpa Alta.
	Rastro Milpa Alta	15	0	Fuera de servicio.
Tláhuac	La Lupita	15	9	Riego agrícola San Juan Ixtayopan.
	El Llano	250	44	Riego agrícola en los ejidos de San Juan Ixtayopan y San Andrés Mixquic.
	San Andrés Mixquic	30	15	Riego agrícola Santa Cruz, El Triángulo y deportivo Emiliano Aguilar en Tláhuac.
	San Nicolás Tetelco	15	10	Zona agrícola de San Nicolás Tetelco.
	San Lorenzo Tezonco	225	59	Llenado de canales en San Gregorio Atlapulco y lago del Parque Ecológico de Tláhuac.
Tlalpan	Abasolo	15	3	Zona de viveros de producción florícola y Río Abasolo.
	Parres	7	7	Abasto a la planta procesadora de asfalto y riego de áreas verdes.
	Pemex Picacho	13	10	Riego de áreas verdes de la Unidad Habitacional Pemex Picacho.
	San Miguel Xicalco	7.5	5	Riego de áreas verdes en la Unidad Habitacional Tlatelolco, deportivo Plan Sexenal, Escuela Normal de Maestros, Alameda Central y Santa María la Rivera.
Xochimilco	Reclusorio Sur	30	12	Río San Lucas para control de contaminación.
	San Luis Tlaxialtemalco	150	53	Llenado de los canales para mantener la navegación en la zona chinampera de San Luis Tlaxialtemalco y San Gregorio Atlapulco, Vivero Acuexcomatl y deportivos de la zona.