



**EL DESARROLLO  
SUSTENTABLE**  
desafíos y oportunidades

América Libertad Rodríguez Herrera  
Branly Olivier Salomé  
Rocío López Velasco

Primera edición: mayo, 2017

**Sistema de Evaluación del contenido: Sistema doble ciego de revisión por pares.**

© América Libertad Rodríguez Herrera, Branly Olivier Salomé y Rocío López Velasco

© Cuerpo Académico: Procesos Sociales, Económicos y Políticos en el Desarrollo Regional.  
UAGRO-CA 110

© Plaza y Valdés S. A. de C. V.

Manuel María Contreras 73. Colonia San Rafael  
Ciudad de México, 06470. Teléfono: 50 97 20 70  
editorial@plazayvaldes.com  
www.plazayvaldes.com.mx

Plaza y Valdés S.L.

Calle Murcia, 2. Colonia de los Ángeles  
Pozuelo de Alarcón 28223, Madrid, España  
Teléfono: 91 862 52 89  
madrid@plazayvaldes.com  
www.plazayvaldes.es

Servicios editoriales realizados por:

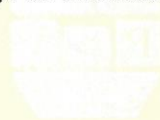
EnRed-Arte, Libros en la Web / Kanankil Editorial  
servicios@enred-arte.com / www.enred-arte.com

Diseño gráfico portada: Leticia Rentería

ISBN: 978-607-402-914-7

Queda rigurosamente prohibida la reproducción total o parcial de esta obra así como la transformación a un formato distinto por cualquier medio o procedimiento, sin la autorización escrita de los titulares del copyright y bajo las sanciones establecidas por la ley.

Impreso en México / Printed in Mexico



# Índice

<b>Introducción</b> .....	11
<b>Capítulo 1</b>	
Desarrollo Sustentable en las Ciudades y el Rol de los Tomadores de Decisiones ante el Fenómeno de Isla de Calor Urbano.....	23
<i>Cantú-Dávila José Francisco, Cabrera-Cruz René Bernardo Elías, Rolón-Aguilar Julio César, Valera Pérez Miguel Ángel y Hernández-Cocoletzi Heriberto</i>	
<b>Capítulo 2</b>	
El saneamiento del agua a través de la planeación hídrica. 1975-2018.....	37
<i>Alejandro Rafael Alvarado Granados, Elizabeth Díaz Cuenca y Carlos Alberto Pérez Ramírez</i>	
<b>Capítulo 3</b>	
Contaminación y modelación de la dispersión de contaminantes .....	57
en los ríos Alseseca y La Sabana en zonas urbanas de las ciudades de Puebla y Acapulco	
<i>Branly Olivier Salomé, Areli Idalia Matías Oregán, América Rodríguez Herrera, Miguel Ángel Valera Pérez y Rocío López Velasco</i>	

## Capítulo 2

# El saneamiento del agua a través de la planeación hídrica. 1975-2018

*Alejandro Rafael Alvarado Granados\**,

*Elizabeth Díaz Cuenca\*\**,

*Carlos Alberto Pérez Ramírez\*\*\**

### Resumen

El análisis de la gestión del agua de los últimos cuarenta años es una plataforma para definir la trayectoria nacional en materia de saneamiento del agua residual, en particular doméstica, para establecer estrategias que permitan depurar el líquido, desde los asentamientos humanos de mayor altitud en las cuencas hidrográficas, toda vez que ahí inician los escurrimientos superficiales y que al ser las localidades rurales las menos atendidas en esta materia dichos escurrimientos son contaminados desde las partes altas de las montañas.

Mediante la revisión de los instrumentos de planeación hidráulica es clara la atención al componente tecnológico que representan las plantas de tratamiento y el menosprecio a otros elementos del proceso de manejo del agua que son relevantes.

\* Doctor en Ciencias Ambientales y profesor-investigador de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México y líder del cuerpo académico: Desarrollo, Ambiente y Procesos de Configuración Territorial. Correo electrónico: [alex13\\_bum@hotmail.com](mailto:alex13_bum@hotmail.com) Teléfono: (01722) 219 46 13

\*\* Maestra en Desarrollo Municipal-investigadora de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México, integrante del cuerpo académico: Desarrollo, Ambiente y Procesos de Configuración Territorial. Correo electrónico: [ediazc@uaemex.mx](mailto:ediazc@uaemex.mx) Teléfono: (01722) 219 46 13

\*\*\* Doctor en Ciencias Ambientales y profesor-investigador de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México, integrante del cuerpo académico: Desarrollo, Ambiente y Procesos de Configuración Territorial. Correo electrónico: [capr06@yahoo.com](mailto:capr06@yahoo.com) Teléfono: (01722) 219 46 13

También destaca la preferencia a las grandes ciudades y el atraso relativo en el ámbito rural que, por sus propias características, requiere de otros procedimientos de gestión para depurar el agua residual, que no se centran en la tecnología, que siendo indispensable no es suficiente.

El proceso de saneamiento del agua residual doméstica tiene sesenta años, con avance lento y capacidad instalada ociosa, lo cual permite pensar en procesos tecnológicos de baja eficiencia y que deberán ser objeto de nuevas investigaciones. Un freno importante para la depuración del líquido es el incumplimiento de la legislación en la materia, que fue reconocido en distintos documentos analizados.

En tal sentido, la metodología para la investigación del proceso de saneamiento del agua residual en México es la revisión y análisis de cinco instrumentos de planeación hidrológica de nivel nacional, que cubren los últimos cuarenta años, entre los que se destacan objetivos y avances de cada periodo por parte del Gobierno Federal.

## Introducción

El saneamiento se entiende como un “conjunto de técnicas y elementos destinados a fomentar las condiciones higiénicas...” (DRAE, 2014). Aplicado al caso del agua implica mantener cierta calidad del líquido que permita su reutilización o su descarga en los cuerpos receptores, sin daños a los ecosistemas. El saneamiento del agua en México es una carencia que se observa fácilmente en la gran mayoría de las cuencas hídricas del país, las cuales se encuentran contaminadas, a pesar de los esfuerzos por realizar la depuración del líquido, que iniciaron, a través de políticas públicas, hace más de sesenta años, en 1954, cuando se instaló la primera planta de tratamiento de aguas residuales en el Bosque de Chapultepec, con la finalidad de retener el agua en los lagos del mencionado bosque, según lo registra la SEMARNAT (2009), a contracorriente de los planteamientos “higienistas” de finales del siglo XIX, que, sustentados en los planteamientos de Roberto Koch, decidieron la desecación final de la zona lacustre del Valle de México (Tortolero, 2006).

A pesar de las acciones implantadas desde mediados del siglo XX, el saneamiento del agua es un problema que persiste y crece, por lo que se requieren alternativas de manejo que incidan en la recuperación del líquido para usos posteriores, de una manera integral, durante todo el proceso de su uso y manejo, conjuntamente con la manipulación de otros recursos naturales y el control de las actividades humanas, tanto productivas como no productivas, vinculadas con el líquido vital.

Lo anterior contrasta con las prácticas de gestión del agua, que están basadas en suministrar el recurso, mediante la extracción del líquido de las fuentes naturales, a

fin de conducirlo y ofrecerlo a los usuarios para su aprovechamiento y desalojo inmediato hacia los cuerpos receptores que se ven afectados, como lo reconocen Chávez y Chávez (2009). Sin embargo, el cambio de manejo es necesario, para no continuar con los problemas vigentes de contaminación, escasez, sobreexplotación y trasvases de agua de calidad.

Por lo anterior, el presente documento tiene como objetivo exponer la revisión de los programas del sector hidráulico, que fueron formulados por el Gobierno Federal durante los últimos cuarenta años, en los que dan a conocer el estado del sector en este periodo, así como los objetivos y estrategias definidas para la atención de las deficiencias observadas en cada momento de corte, y, de esta manera, identificar las rutas trazadas desde la perspectiva gubernamental.

Con esta trayectoria se conforma una base que permite formular alternativas particulares para la atención del saneamiento del agua desde lo local, a nivel de una microcuenca, mediante un enfoque sistémico, con cinco componentes del proceso de manejo del agua, que, según Alvarado y otros (2012), son: biofísico, socio-cultural, tecnológico, económico y político-administrativo.

El análisis de estos componentes permite la síntesis de su interacción dentro del marco de las políticas federales vigentes en los últimos años, para establecer una estrategia específica que permita modificar las variables sensibles que conduzcan hacia el saneamiento del agua y su reutilización, abonando con ello al aumento de la disponibilidad hídrica en la microcuenca o aguas abajo, así como a la conducción de agua limpia que favorezca a la biodiversidad y al ambiente, a partir de acciones locales para atender el proceso de manejo del agua en cada región hidrológica.

De esta manera, el documento se centra en la presentación de los criterios, objetivos y logros establecidos por el Gobierno Federal en México para el saneamiento de un recurso vital e indispensable en la producción de bienes y servicios durante el periodo comprendido entre 1975 y 2018. No en vano hay que destacar que el saneamiento del agua, junto con su disposición en los cuerpos receptores, luego de su utilización, son servicios públicos que se encuentran íntimamente vinculados con otros dos que son el abastecimiento de agua potable y el alcantarillado, todos ellos con una secuencia dentro de la vía pública.

Por lo anterior, es importante recordar que el saneamiento del agua y los retos que implica su distribución para el consumo doméstico, así como la conducción del agua residual que emiten los usuarios no industriales en los asentamientos humanos, son servicios públicos a cargo de los municipios, pero la planificación hídrica queda a cargo del Gobierno Federal, a través de la Comisión Nacional del Agua, sobre todo a partir de las modificaciones constitucionales de 1983, que dieron origen a la organización del “*sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima*

*solidez, dinamismo, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la Nación*” (Gobierno Federal, 2014: art. 26).

De esta manera, los instrumentos de planeación analizados y que han orientado el manejo del recurso durante los últimos cuarenta años en México son el Plan Nacional Hidráulico 1975, el Programa Hidráulico 1995-2000, el Programa Nacional Hidráulico 2001-2006, el Programa Nacional Hídrico 2007–2012 y el Programa Nacional Hídrico 2014–2018.

### **Plan Nacional Hidráulico 1975**

Este instrumento estableció la gestión de los recursos hídricos a través de cinco actividades básicas: Irrigación y drenaje, acuacultura, control de avenidas, abastecimiento de agua a la población y a la industria y agua para la energía eléctrica. Los objetivos particulares del plan, en materia de la cuarta actividad, establecieron: *“contribuir a mejorar la salud y calidad de la vida, el desarrollo sostenido de la industria y la localización y selección de tecnologías adecuadas considerando la disponibilidad, reúso, otros usos y el control de la contaminación del agua. Terminar con el déficit existente en el sector y mantener un nivel de servicios que satisfaga las necesidades del crecimiento demográfico y del desarrollo, posibilitando al mismo tiempo la atención de todas las localidades del país del menor tamaño posible y de cualquier nivel socioeconómico”* (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Comisión del Plan Nacional Hidráulico, 1975: 38), lo cual finalmente no se cumplió, porque el déficit se mantiene actualmente. Sin embargo, se avanzó en el objetivo.

Cabe destacar que al iniciar la vigencia del mencionado Plan se estableció que: *“sólo la mitad de la población del país tiene servicio de agua potable y únicamente, la cuarta parte cuenta con alcantarillado, lo cual ocasiona, junto con la escasa educación sanitaria, que en México las enfermedades de origen hídrico sean la primera causa de mortalidad general y la primera de morbilidad general”* (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos - Comisión del Plan Nacional Hidráulico, 1975: 37), lo cual insiste en la importancia que tiene la calidad del agua en relación con los problemas de salud en el marco de la política ambiental, que en ese momento iniciaba, en 1971, la Subsecretaría de Protección al Ambiente, que formaba parte de la entonces Secretaría de Salubridad y Asistencia.

De esta manera, la meta para el periodo 1975-2000 fue transitar del 50% de población servida con agua potable, al 68% en 1982 y al 90% en 2000; mientras que para el servicio de alcantarillado se propusieron elevar la cobertura del 25% en 1975

al 40% en 1982 y el 73% en 2000, con una desagregación entre los sectores urbano y rural que se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Porcentaje de cobertura de servicios en distintos momentos y sectores 1975-2000**

Año	Urbana		Rural	
	Agua potable	Alcantarillado	Agua potable	Alcantarillado
1976	70	40	30	4
1982	80	50	40	20
2000	95	80	70	63

Fuente: Elaboración propia, con datos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Comisión del Plan Nacional Hidráulico (1975).

El déficit de la cobertura de servicios en el ámbito rural está vinculado con la dispersión de la población, factor que la encarece cuando se realiza de una manera convencional, y centralizada; sustentada en amplias redes de tubos, que frecuentemente tienen fugas, lo cual redundo en baja eficiencia de conducción. De esta manera, se contribuye a propagar contaminantes en el subsuelo, provenientes del agua residual de la red de alcantarillado.

Cabe destacar que con la atención de las necesidades inmediatas de suministro de agua potable y la conducción de la residual se evidenció que el tema del saneamiento del líquido, para posibles reutilizaciones, quedó prácticamente ausente, a pesar de que se mencionó en el objetivo de abastecimiento de agua a la población y la industria. No se cumplió y sigue pendiente, luego del tercer lustro del siglo XXI.

De esta manera, la Comisión del Plan Nacional Hidráulico de 1975 identificó importantes fuentes de degradación hídrica, al destacar que el 70% de contaminantes domésticos se emiten en 64 localidades con más de 50,000 habitantes, mientras que la mitad de la carga orgánica total industrial es producida por el 10% de los 60 subgrupos industriales identificados en el mencionado Plan.

Para ello, el camino propuesto en su momento para atender el problema de la contaminación del agua fue la construcción de plantas de tratamiento, a la vez que el mismo plan reconoce la reutilización de aguas residuales para el riego agrícola como una medida eficiente para incrementar la disponibilidad de agua y contribuir a reducir la contaminación en los cuerpos receptores, sin tomar en cuenta la dispersión de posibles sustancias dañinas en el ambiente.



Así mismo, la Comisión del Plan Nacional Hidráulico de 1975 reconoció que existen afectaciones de bajo impacto al medio ambiente, de corto plazo y de “menor cuantía”, por la construcción de las obras hidráulicas, en relación con los beneficios que generan. De manera similar, el mismo documento reconoce que regularmente solo se contempla un uso del agua, en detrimento de la integración de otros aprovechamientos posibles, incluida la conservación del medio ambiente. Por lo anterior, el Plan estableció la necesidad de “iniciar proyectos de investigación científica sobre ecología de cuencas e impacto ambiental de obras hidráulicas” (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Comisión del Plan Nacional Hidráulico, 1975: 40), lo cual sigue vigente, y este documento pretende contribuir en esa dirección.

### Programa Hidráulico 1995-2000

A pesar de que el Plan Nacional Hidráulico de 1975 tenía una vigencia hasta el año 2000, el 10 de junio de 1996 se publicó otro instrumento de planeación del recurso hídrico, el cual no le da suficiente importancia al saneamiento, toda vez que se centra en la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado de uso doméstico. De esta manera, se dan datos para el año de 1995, que no lograron las expectativas expresadas en el plan de 1975 a cinco años del término del periodo, y no se nota factible la cobertura del 90% de agua potable y el 73% de alcantarillado.

Esta afirmación responde al nivel de cobertura expresado en este Programa Nacional, que expresó: “el 68.9% de la población cuenta con los servicios de agua potable y el 46.3% con alcantarillado. En el medio rural, más de la mitad carece de agua potable y cuatro de cada cinco habitantes no tiene servicio de alcantarillado” (SEMARNAP, 1996:10). En contraste, la misma fuente, en su página 16, presenta otros datos basados en la Comisión Nacional del Agua y en el Consejo Nacional de Población, que se acomodaron en el cuadro 2, y mejoran las cifras antes mencionadas, pero dejan duda sobre el estado de los servicios.

**Cuadro 2. Cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado 1995**

Servicio	Población servida		Población sin servicio	
	Total (millones)	Porcentaje	Total (millones)	Porcentaje
Agua potable	76.5	83.5	15.1	16.5
Alcantarillado	61.4	67.0	30.2	33.0

Fuente: Elaboración propia, con datos de la SEMARNAP (1996).

Por otra parte, el mencionado programa no establece la cobertura del servicio de saneamiento para el país, y sólo lo muestra para las regiones norte y noreste. La primera, con 114 plantas de tratamiento instaladas y 32 en operación (28%), mientras que en el noreste, 35 plantas instaladas, de las cuales 20 (57%) se encontraban operando, lo que promedia el funcionamiento de esta infraestructura en una tercera parte de la capacidad instalada, sin conocer sobre la capacidad del total nacional de esta infraestructura.

Sin embargo, en este tema el mencionado programa estimó la generación de materia orgánica del agua residual en el orden de 1.8 millones de toneladas, suponemos que anuales porque el documento no es explícito, para valorar la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), de las cuales 0.58 toneladas, que significan casi una tercera parte (32.2%), no se recolectaron por el sistema convencional, mientras que de lo que sí se colectó, 0.15 toneladas (10% del total generado), fueron tratados “*adecuadamente*” antes de su descarga al “*medio natural*”, sin reutilización de agua tratada, pero ya inicia el tema dentro de la planeación hídrica.

Por otra parte, cobra relevancia el tema de la salud a finales del siglo xx en México, porque reiniciaron los brotes de cólera a partir de 1994, como lo reconoce la SEMARNAP (1996), al asegurar que las deficiencias en los servicios de agua potable y alcantarillado propicia insalubridad, lo cual favorece la incidencia de la mencionada enfermedad, que fue una importante llamada de atención sobre la importancia de la limpieza del agua en el ámbito de la salud humana.

Pero no es menos relevante la aparición en esos años de las normas oficiales mexicanas en materia de agua, para su cumplimiento, entre otros, por parte de la Comisión Nacional del Agua, para la conservación, la seguridad y la calidad en la explotación, el uso, el aprovechamiento y la administración de las aguas nacionales. Sin embargo, este organismo público también debe observar otras normas oficiales mexicanas, como la NOM-001-SEMARNAT-1996, anteriormente denominada NOM-001-ECOL-1996, hasta la aparición del acuerdo por el que se modificó la nomenclatura de las normas oficiales mexicanas a cargo de la SEMARNAT, publicado en el Diario Oficial de la Federación, del 23 de abril de 2003, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

No obstante lo anterior, en 2015 muchas descargas de aguas residuales se mantuvieron fuera de la norma vigente, y la generalidad de los ríos contaminados en México son una realidad, luego de su paso por algún asentamiento humano que cuenta con alcantarillado, ello a pesar de que una línea de acción, establecida en la estrategia de este programa, estableció que “*se impulsará el cumplimiento de las normas de descarga de aguas residuales municipales en las 15 cuencas prioritarias y en los programas regionales determinados por la SEMARNAP*” (SEMARNAP, 1996: 27).

Sin embargo, el cumplimiento de la norma oficial mexicana que regula a dichas descargas no se cumplió hasta el año 2015. La alternativa no es bajar los parámetros sino que la sociedad se responsabilice de sus propios desechos y los conduzca de una manera que no sean un obstáculo para las localidades ni para los ecosistemas, tanto en sus componentes de biodiversidad como de funcionamiento de los ciclos bioquímicos que son necesarios para la estabilidad del planeta.

Dicha deficiencia persistente existe a pesar de que el programa que se analiza estableció en su introducción que: *“el saneamiento integral de cuencas hidrológicas se realizará mediante acciones conjuntas de los sectores público y privado, con estímulos fiscales e incentivos económicos, bajo el principio de que el que contamina paga y quien no cumple con la norma será sancionado”* (SEMARNAP, 1996: 4). En tal sentido, destaca la importancia del componente económico de las acciones que se propusieron, pero con poca relevancia en materia de saneamiento.

### **Programa Nacional Hidráulico 2001-2006**

Este instrumento de planeación se basó en una amplia consulta a la población, los usuarios y los expertos, y fue formulado para actuar desde el ámbito local, reconociendo que los cuerpos de agua superficiales reciben descargas residuales sin tratamiento, que los contamina, degrada su calidad y reduce sus posibilidades de aprovechamiento, sin hacer mención a la afectación a la biodiversidad ni a otros procesos de la naturaleza.

Por otra parte, es importante destacar que en el periodo del programa en comento también inició el plazo para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, que deberían consumir los países firmantes en el seno de la Organización de Naciones Unidas para 2015, y, en este ámbito, se registró que las acciones de saneamiento básico y desinfección de agua, establecidas en los mencionados objetivos, redujeron en el país la incidencia de cólera a sólo un caso durante 2000, cuando el porcentaje de agua desinfectada fue de 93%.

En este sentido, las coberturas de agua potable y alcantarillado, en los ámbitos urbano y rural, crecieron, según lo muestra el cuadro 3, con lo cual, en cobertura de agua potable, se acercó a la meta del Plan Nacional Hidráulico de 1975, que se propuso cubrir al 95% para la población urbana y al 70% en la rural, como se mencionó en el cuadro 1.

Lo anterior significa que durante el último lustro del siglo XX se incrementó la cobertura nacional de agua potable en 4.3 puntos porcentuales, mientras que el alcantarillado logró aumentar 9.2 puntos, a partir de los datos de CNA y COESPO, citados en SEMARNAP (1996).

**Cuadro 3. Cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado 2000**

Servicio	Población servida		Población sin servicio	
	Total (millones)	Porcentaje	Total (millones)	Porcentaje
Agua potable urbana	67.3	94.7	3.8	5.3
Agua potable rural	16.4	67.8	7.8	32.2
Alcantarillado urbano	63.7	89.6	7.4	10.2
Alcantarillado rural	8.9	36.8	15.3	63.2
Agua potable E.U.M.	83.7	87.8	11.6	12.2
Alcantarillado E.U.M.	72.6	76.2	22.7	23.8

Fuente: Elaboración propia, con datos de la CNA (2001).

En materia de alcantarillado se superó la expectativa en el ámbito urbano que se propuso alcanzar un 80% de cobertura y alcanzó el 89.6, en contraparte con la zona rural que llegó con un déficit de 26.2 puntos porcentuales.

Por otra parte, en materia de saneamiento del agua residual doméstica, el documento consultado para este apartado es un instrumento de planeación hidrológica, que reporta por primera ocasión datos nacionales, que incluyen caudal tratado y capacidad instalada, como se observa en el cuadro 4. De este cuadro destaca que cerca de la tercera parte de la capacidad instalada, expresada en gasto, no operó al momento del levantamiento de datos, lo que correspondió con un poco más de la quinta parte de la cantidad de plantas de tratamiento, por lo que se deduce que las plantas fuera de operación fueron de mayor tamaño que las del promedio. En otras palabras, el 77.9% del número de plantas tratadoras depuraron el 60.5% del total del agua.

Aunado a lo anterior, sobresale que *“cerca del 23% de las aguas residuales recolectadas, procedentes de localidades urbanas a nivel nacional reciben tratamiento”* (CNA, 2001:35). En consecuencia, la carencia del servicio se encontró en un 77% de las aguas captadas por los sistemas de alcantarillado municipal de las ciudades y en la totalidad del espacio rural, a pesar de que el tratamiento de aguas de este tipo inició cuarenta y seis años antes de éstos datos, en 1954, y con avances desde entonces, que contrastan con los obtenidos en los servicios de agua potable y alcantarillado.

**Cuadro 4. Parámetros de tratamiento del agua residual municipal en el año 2000**

Parámetros	Gastos		Plantas	
	m <sup>3</sup> /s	Porcentaje	Número	Porcentaje
Capacidad instalada	75,9	100.0	1018	100.0
Caudal tratado	45.9	60.5	793	77.9
Capacidad ociosa	30	39.5	225	22.1
Gasto de recolección	200	100.0		
Gasto con tratamiento	45.9	23.0		

Fuente: Elaboración propia, con datos de la CNA (2001).

Es importante destacar que desde el año 2000 el país contó con 1,018 sistemas municipales de tratamiento de aguas municipales para un total de 2,454 municipios registrados por el INEGI en México, para el XIII Censo General de Población y Vivienda 2010, que agrupa a 107,458 localidades de distintos tamaños y grados de marginación, pero, sobre todo, con incipiente esfuerzo de saneamiento.

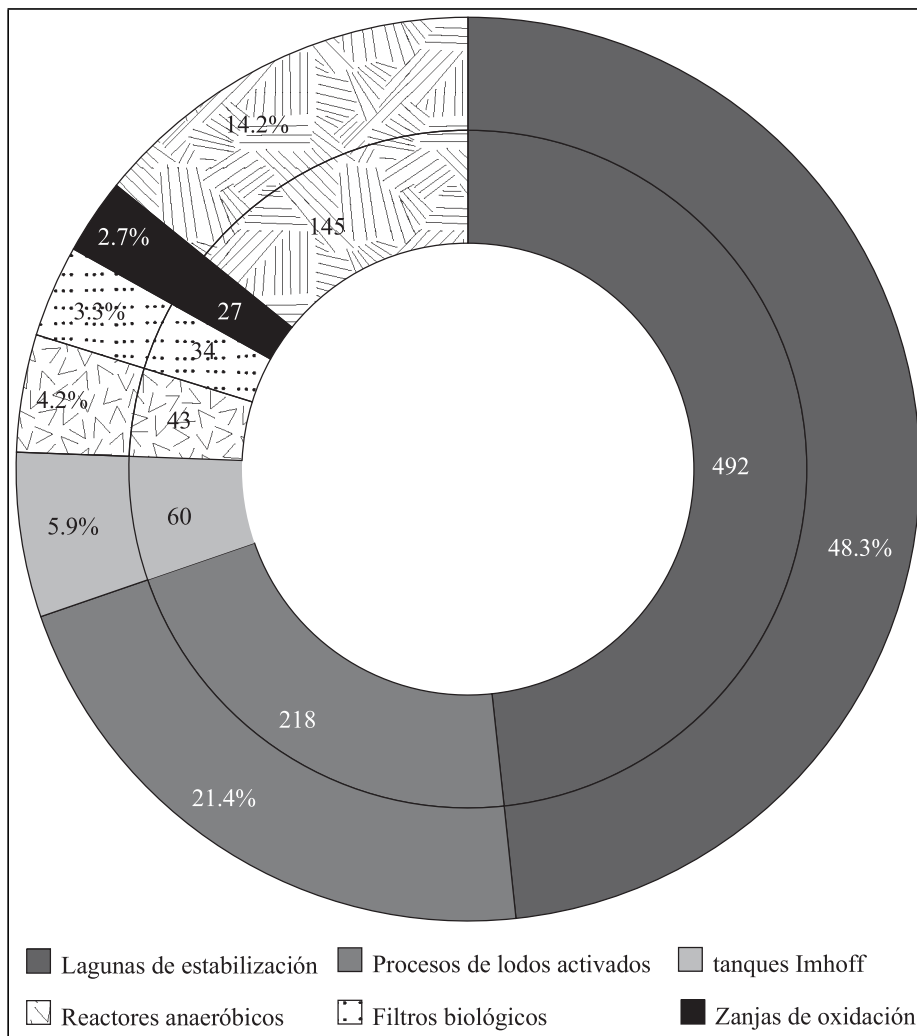
Por su parte, el tratamiento de aguas residuales en diciembre de 2000 estuvo sustentado en plantas tratadoras con diversas tecnologías, como se muestra en la gráfica 1, en la cual destaca la importancia de las lagunas de estabilización como método para la depuración de las aguas residuales municipales, porque fueron un 48.3% de las existentes en su momento.

De acuerdo con la CNA (2007), entre las ventajas de dicha tecnología destacan su bajo costo, su simplicidad de operación y su eficiencia energética. Sin embargo, requieren de amplia superficie para su funcionamiento así como de un diseño particular, en función de las condiciones ambientales (temperatura, radiación solar, frecuencia y fuerza de los vientos), que establecen la modalidad de operación, toda vez que el tratamiento está basado en la actividad microbiana de bacterias en simbiosis con algas y otros microorganismos.

En segundo lugar, se encuentra la tecnología de lodos activados, que, conjuntamente con las lagunas de estabilización, cubrió prácticamente el 70% de la tecnología utilizada para el saneamiento del agua en su momento. Dicha tecnología, usada desde hace más de un siglo en varios países, tiene la particularidad de que mezcla microorganismos descomponedores o saprófitos con el agua residual, para su aireación mediante un equipo de inyección, en un reactor. La carga orgánica que contiene el agua residual alimenta a los saprófitos que forman el lodo biológico.

Esta tecnología es frecuentemente utilizada en instalaciones grandes, que consumen energía para la aireación así como sustancias para la floculación que forma a los lodos y para la sedimentación que los precipita, para su posterior manejo.

**Gráfica 1. Número y porcentaje de plantas municipales de tratamiento según tecnologías usadas en el año 2000**



Fuente. Elaboración propia, con datos de la CNA (2001).

## Programa Nacional Hídrico 2007-2012

Este programa destaca la importancia del agua potable en relación con la mortalidad infantil desde la última década del siglo XX hasta 2006, donde la primera variable tenía un valor del 78.4% de cobertura nacional de agua potable, para acceder a cerca del 90% al final del periodo, valor que fue la meta del Plan Nacional Hidráulico de 1975. Por su parte, la tasa de mortalidad infantil se modificó de 92 por cada mil infantes, al inicio del periodo, para terminar con menos de 20, lo cual es de alto impacto en relación con los 2.2 puntos porcentuales que se ganaron en el servicio de agua potable durante los primeros seis años del siglo XXI, en caso de existir una relación de dependencia.

Dicha relación recuerda la postura higienista, prevaleciente desde finales del siglo XIX, pero el programa 2007-2012, sin vincular las variables de salud y saneamiento del agua, se propuso en materia de los servicios públicos analizados: “*incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento*”, así como “*promover el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos*” (CONAGUA, 2008: 21), reconociendo que la cobertura en saneamiento, al inicio de la vigencia del programa, era del 36.1% del volumen captado en las redes de alcantarillado, mismo que aumentó en los “*últimos años*”, sin especificar cuántos, a partir de un 23% del agua captada que fue sometida a un tratamiento de depuración en el año 2000.

Al referirse las cifras de saneamiento del líquido, respecto a los volúmenes de agua residual captada por las redes de alcantarillado, significa que si las redes son escasas en el ámbito rural, con un 58.6% de cobertura en 2006, el valor del saneamiento es más escaso en estos espacios, que no registraron su cuantía en CONAGUA (2008). Sin embargo, el programa plantea que la autoridad hídrica nacional “*integre y dirija recursos*” de distintas dependencias federales para asegurar “*la operación y mantenimiento de la infraestructura por los propios habitantes*” (CONAGUA, 2008: 41).

A pesar de ello, el instrumento no establece la forma de participación de los ciudadanos, aunque insiste con recurrencia en la necesidad de la eficiencia financiera del sector y el cobro de los servicios a los propios usuarios, mediante instrumentos legales, económicos y técnicos; en este último, grupo la medición.

Otro punto de inflexión que presenta este programa es el aprovechamiento del agua residual tratada en sustitución de agua de primer uso, a la vez que recuperar la calidad de los ríos y cuerpos de agua y de incrementar la recarga de acuíferos con esa nueva fuente de abastecimiento a la que se le encuentra utilidad, porque anteriormente no se explicitaba.

En contraparte, el programa en cuestión insiste en la necesidad de “*que los municipios e industrias deberán cumplir con la normatividad (...) en lo que se refiere a las descargas que son vertidas a los cuerpos de agua nacionales*” (CONAGUA, 2008: 41-42). Lo cual resulta un reconocimiento de la fragilidad del Estado de Derecho, al menos en materia de saneamiento del líquido, porque la legislación en la materia dicta, en la NOM-001-SEMARNAT-1996, los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con fines al logro de la sustentabilidad de las actividades económicas y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Sin embargo, luego de casi veinte años de existencia de la norma citada es evidente la contaminación por las características organolépticas que tienen los cuerpos de agua en todo el país; aguas abajo de gran parte de los aprovechamientos, con las repercusiones para la sustentabilidad, la salud humana y de los ecosistemas, así como para la satisfacción de las necesidades hídricas de la sociedad.

También destaca en el instrumento de planeación analizado el contraste entre el problema de contaminación de efluentes con la existencia de capacidad ociosa, que se encuentra fuera de operación o con baja eficiencia, para lo cual el programa de referencia no proporciona datos, pero de acuerdo con CONAGUA (2014), para el año 2013, existió una capacidad instalada de 152.17 m<sup>3</sup>/s, que, en 2,287 plantas de tratamiento, procesaron 105.93 m<sup>3</sup>/s, equivalente al 69.6% del potencial de depuración, y casi una tercera parte es capacidad ociosa.

Al cotejar estas cifras con las del cuadro 4, resulta que en un periodo de trece años hubo un crecimiento en el número de plantas de tratamiento de un 124%, que significó un incremento de un 100.5% en la capacidad instalada y una expansión de un 130.8% del caudal tratado. Con este impulso, que duplicó y más las capacidades, este programa sectorial estableció como estrategia: “*fortalecer el desarrollo técnico y la autosuficiencia financiera de los organismos operadores; tratar las aguas residuales generadas y fomentar su reúso e intercambio*” (CONAGUA, 2008: 43), como parte del objetivo destinado a “*incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento*”.

## **Programa Nacional Hídrico 2014–2018**

Este programa plantea su sustento en dos elementos: “*La reforma integral del sector agua mexicano*” y “*la modernización del sector agua mexicano*”. El documento expresa que sus objetivos, estrategias y líneas de acción persistirán luego del periodo sexenal porque tienen una visión de largo plazo. En la problemática de este



recurso natural reconoce a la contaminación como uno de los más graves, a causa de las descargas de aguas residuales sin tratar, el uso de agroquímicos, el deficiente manejo de los residuos sólidos y la fuerte erosión del suelo.

Los aspectos cuantitativos del sector también son parte de la problemática, que se “*concentra en tres aspectos: sobreexplotación, sobreconcesión y contaminación de los recursos hídricos*” (Gobierno de la República, 2014: 28), y para el caso de esta última la práctica para resolver el problema es la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, que para diciembre de 2012 fueron 2,342, distribuidas por todo el país, con una capacidad de 140.1 m<sup>3</sup>/s, de los cuales sólo se depuraron 99.8 m<sup>3</sup>/s, quedando 40.3 m<sup>3</sup>/s ociosos, lo que significó un 28.7% no aprovechado, sobre todo por falta de conexiones con las redes de alcantarillado.

Las deficiencias registradas en el programa analizado obedecieron a: “*falta de recursos financieros para la construcción, rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura para el tratamiento; altos costos de energía eléctrica y reactivos químicos para la operación, falta de capacitación del personal operativo y deficiente cultura de pago del usuario por los servicios de saneamiento*” (Gobierno de la República, 2014: 36).

Sin embargo, la misma fuente reporta que actualmente se construyen dos plantas de tratamiento: la primera, en Atotonilco, estado de Hidalgo, que es una de las más grandes del mundo, con capacidad de para sanear el 57% de las aguas de la zona metropolitana de la Ciudad de México, mientras que la otra, en Agua Prieta, tendrá una capacidad superior a los 30 m<sup>3</sup>/s, en la zona metropolitana de la Ciudad de Guadalajara.

Por otra parte, es importante destacar que a partir de los datos cuantitativos de este programa, mostrados previamente y cotejados ahora con los que ofrece la CONAGUA (2014), entre 2012 y 2013 el número de plantas de tratamiento decrecieron en un 2.4%. No obstante, la capacidad instalada aumentó su caudal en un 8.6% y la procesada se incrementó en un 6.1%, aunque, como se mencionó, la capacidad ociosa fue de más de la cuarta parte de la instalada.

Ante la subutilización de la infraestructura y la falta de saneamiento, el Gobierno de la República reconoce dos retos: la baja eficiencia en la gestión y la insuficiencia de recursos económicos de los municipios para cubrir los costos de operación, que se incrementan en el ámbito rural, por la operación de “*sistemas formales*” ante un escenario de dispersión de población, lo que confirma que no existe una solución única para atender la necesidad de sanear el agua en cualquier situación. Pensarlo así mantiene un rezago amplio en el ámbito rural y no termina de resolver la necesidad en el urbano.

Lo anterior significa que no es posible usar las mismas soluciones en todos los lugares, sino que es necesario conocer las especificidades tanto de los procesos de la

naturaleza como de los de la sociedad para buscar otras opciones con mayor viabilidad, que puedan requerir “*alternativas tecnológicas originales*” y “*nuevas ecotecnias*”, con participación social organizada, como lo reconoce el propio programa analizado. De esta manera, se registra la existencia de tratamiento del agua a través de humedales, con capacidad de 63 m<sup>3</sup>/s.

En el ámbito industrial, el caudal medio registrado en 2012 fue de 210 m<sup>3</sup>/s y se dispuso de 2,569 plantas de tratamiento, con capacidad de 89 m<sup>3</sup>/s, de las cuales operaron 2,530 plantas que trataron el 68% del gasto generado, con una capacidad ociosa de un 1.5% en el número de plantas.

En el ámbito educativo, el programa reconoce que también resulta insuficiente enseñar a los usuarios del recurso para que lo valoren y aprovechen de mejor manera, toda vez que la educación y la cultura del agua son factores que mejoran las condiciones para el uso de este vital recurso, a la vez que se requiere incrementar la investigación y el desarrollo tecnológico para su manejo y su gestión.

Hacia el futuro, el programa considera que “*en unos veinte años*” la demanda de agua será de 91,200 millones de m<sup>3</sup>, que es un 16.3% superior a la que existió en el año 2012. Dicha demanda futura se deberá cubrir con una oferta de 68,300 millones de m<sup>3</sup>, eliminando “*el volumen no sustentable*”, que ya no se ocupará por la “*disminución de la sobreexplotación de los acuíferos*”. En tal situación, las cifras ofrecidas marcan un déficit de 23 millones de m<sup>3</sup>, que no se aclara cómo se podrán satisfacer.

## Conclusiones

El saneamiento durante el periodo 1975-2015 no ha sido un tema de amplia trascendencia en los cinco instrumentos de planeación analizados, porque lo importante se centró en la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado, con una perspectiva sanitaria en las viviendas, porque el alcantarillado sanitario resuelve el problema en esos espacios habitables, al permitir la evacuación de las aguas residuales hacia la vía pública y luego a los cuerpos receptores de esos desechos, pero no resuelve el problema de insalubridad que se produce en “*la casa de todos*” que es el ecosistema global, lo cual se refleja en la calidad de los ríos y cuerpos de agua.

Esta situación significa un avance sanitario, pero en detrimento de los cuerpos receptores que concentran toda la carga contaminante: orgánica e inorgánica, a pesar de que durante el periodo analizado han existido preceptos jurídicos, desde la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental de 1971 y la generación de las normas oficiales mexicanas, que regulan las descargas a los cuerpos receptores y a las redes de alcantarillado, desde 1996.

Por otra parte, la reutilización de las aguas residuales con tratamiento no es, al momento, algo relevante que incremente significativamente la disponibilidad del recurso, y las fuentes convencionales son las que reciben las presiones por el aumento de la demanda del líquido, incrementando con ello los desequilibrios hídricos, sobre todo por la extracción del agua subterránea.

Un mecanismo seguido para incrementar la oferta del líquido fue trazado por el Plan Nacional Hidráulico de 1975, al mencionar que *“el reúso de aguas residuales en la agricultura y la industria es una medida eficiente para incrementar la disponibilidad de agua, con lo cual es posible utilizar las fuentes naturales en usos que exigen mayor calidad, como el doméstico”* (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Comisión del Plan Nacional Hidráulico, 1975: 40).

Por otra parte, en los documentos consultados no existe información sobre la calidad del tratamiento y los datos sobre el saneamiento, el alcantarillado y el agua potable hacen referencia a los aspectos cuantitativos de la cobertura, pero no mencionan la calidad de los servicios, a pesar de que en el programa 2007–2012 se propuso, entre otros, incrementar la calidad del servicio de saneamiento, a la vez que las normas oficiales mexicanas en materia de descargas de aguas residuales están destinadas a la mantener la calidad del agua, luego de su aprovechamiento.

En tal sentido, por las características de los procesos de tratamiento que ofrecen las tecnologías más utilizadas, se centran en la remoción de materia orgánica, que es lo más abundante en la composición de las aguas residuales municipales, pero no es lo único; a la vez que también se desconoce el nivel de eficiencia de estas remociones y los datos ofrecidos se refieren a gastos y cantidad de plantas de tratamiento.

En el ámbito de las cantidades de cobertura del servicio de alcantarillado y del saneamiento del agua que conducen estas infraestructuras, se observa que el avance nacional en la materia atiende a los grandes caudales que cubren la meta o se acercan a ella, reduciendo costos de instalación y de operación, pero con esos criterios poco se atiende el saneamiento de las comunidades rurales de baja densidad y dispersas por todo el territorio nacional, donde en 2010 se asentó un 23.1% de la población total y dificultando las metas nacionales por periodo, a la vez que segregar a casi la cuarta parte de la población nacional.

Un problema que se observa en el proceso de saneamiento del agua residual seguido es la centralización de los sistemas de alcantarillado, con grandes recorridos para su eventual tratamiento. En el tránsito de los caudales de agua residual, frecuentemente existen fugas y dispersión de contaminantes, antes de ser recibidas en grandes plantas tratadoras.

El ejemplo más representativo de ello es la planta de tratamiento de aguas residuales, todavía en construcción, en Atotonilco de Tula, estado de Hidalgo, que será la más grande del país, con capacidad para tratar de 23 m<sup>3</sup>/s, y un gasto adicional de 12.0 m<sup>3</sup>/s, para manejar el caudal de agua pluvial que se mezcla con las aguas residuales, según lo estableció la SEMARNAT (2009).

Una alternativa, sobre todo en los ámbitos rurales, pero también para las grandes ciudades, son los sistemas descentralizados, con el saneamiento en pequeños sectores que descarguen aguas residuales tratadas en los cuerpos receptores, con un transporte mínimo de aguas crudas y rescatando la capacidad natural de ríos y cuerpos de agua para la depuración, teniendo en cuenta que el agua residual municipal no solo contiene materia orgánica, sino también sustancias inorgánicas y sobre todo, los llamados “*contaminantes emergentes*”.

Como se observa, el problema del saneamiento del agua no es simple ni de a corto plazo su solución; se desenvuelve en una complejidad en la que las plantas de tratamiento son necesarias pero no son suficientes, sino que requiere de propuestas específicas en cada lugar, que tome en cuenta la calidad del agua por tratar, pero también las actividades que las producen y las sustancias que las contaminan, para eliminarlas, neutralizarlas o evitarlas.

En tal sentido, la cultura del agua de los usuarios, y de los administradores del recurso juega un papel importante, conjuntamente con una regulación eficaz, no solo de las descargas, sino también de las sustancias que se añaden al agua, a la vez que la población puede asumir su responsabilidad, mediante la participación social que le permita informarse y actuar armónicamente para prevenir y remediar la contaminación, haciendo uso de tecnologías “*apropiadas*” que, además de eficientes, sean comprensibles, accesibles, económicas y adaptadas desde el ámbito local, para lograr la participación de la sociedad organizada que propone el Programa Nacional Hídrico 2014-2018.

## Bibliografía

- Alvarado Granados, Alejandro Rafael; Díaz Cuenca, Elizabeth, y González Carmona, Emma, 2012, “Los componentes del sistema del manejo de agua en una cuenca rural: aproximación metodológica”, en Alvarado Granados, Alejandro Rafael, coordinador, *Experiencias en el Tratamiento de aguas residuales en el Estado de México*. México, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.
- Chávez Cortés, Marta M., y Chávez Cortés, Juan M., 2009, “El enfoque de estudios integrales en la planeación de la conservación del agua, en Montero Contreras Delia, Gómez Reyes Eugenio, Carrillo González Graciela y Rodríguez Tapia, Lilia, *Innovación tecnológica, cultura y gestión del agua. Nuevos retos del agua en el Valle de México*, Universidad Autónoma Metropolitana-Porrúa, DF, México.
- CNA (Comisión Nacional del Agua) 2001, *Programa Nacional Hidráulico 2001 – 2006*, CNA, DF, México, en <http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyctofrontera/Programa%20Nacional%20Hidr%C3%A1ulico.pdf> . Consultado el 23 de agosto de 2015.
- CNA (Comisión Nacional del Agua) 2007, *Manual de alcantarillado y saneamiento. Diseño de lagunas de estabilización*; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, DF, México. En: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/10DisenoDeLagunasDeEstabilizacion.pdf>. Consultado el 23 de agosto de 2015.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) 2008, *Programa Nacional Hídrico 2007-2012*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, DF, México. En: [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/PNH\\_05-08.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/PNH_05-08.pdf). Consultado el 23 de agosto de 2015.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) 2014, *Estadísticas del agua en México, 2014*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, DF, México. En: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf> . Consultado el 18 de febrero de 2015.
- Gobierno de la República, 2014 *Programa Nacional Hídrico 2014 – 2018*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, DF, México. En: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=1&n2=28> . Consultado el 23 de agosto de 2015.
- Gobierno Federal 2014, *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, LXII Legislatura de la Cámara de Diputados, en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/htm/1.htm>
- González Villareal, Fernando, (2011) *La gestión del agua: lecciones de la experiencia del Programa Nacional Hidráulico 1975-2000*, Instituto de Ingeniería-UNAM,

- en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/3LeccionesdelaexperienciadelPNH1975-2000.pdf> . Consultado el 23 de agosto de 2015.
- RAE (Real Academia Española), 2014, *Diccionario de la lengua española, Real*, Real Academia Española, vigésima tercera edición, en: <http://lema.rae.es/drae/?val=saneamiento> . Consultado el 5 de septiembre de 2015.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos - Comisión del Plan Nacional Hidráulico, 1975 *Plan Nacional Hidráulico 1975. Resumen*, Instituto Nacional de Ecología, en [http://repositorio.inecc.gob.mx/ae2/ae\\_011887.pdf](http://repositorio.inecc.gob.mx/ae2/ae_011887.pdf) Consultado el 23 de agosto de 2015.
- Semarnap (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca), 1996, *Programa Hidráulico 1995 – 2000*, Diario Oficial de la Federación del 10 de junio, DF, México.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2009, *Programa Conjunto de Monitoreo para el Abastecimiento de Agua y Saneamiento, 2010*. Gobierno Federal, México.
- Tortolero Villaseñor, Alejandro, 2006 *El agua y su historia. México y sus desafíos hacia el Siglo XXI*, Segunda edición, Siglo XXI, DF, México.