



Tratamiento de aguas residuales



Imagen: Moisés Sánchez.

Introducción

El cuidado del agua es un tema central de la Agenda del Desarrollo Sostenible de la ONU y de gran importancia en la producción de energía y alimentos, así como en muchas otras actividades humanas. Desde julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una cantidad suficiente de agua para uso doméstico y personal, que sea segura, aceptable, asequible económica y físicamente.¹ Sin embargo, el crecimiento poblacional, la urbanización y los cambios en el estilo de vida, presentan nuevos retos para la sostenibilidad.

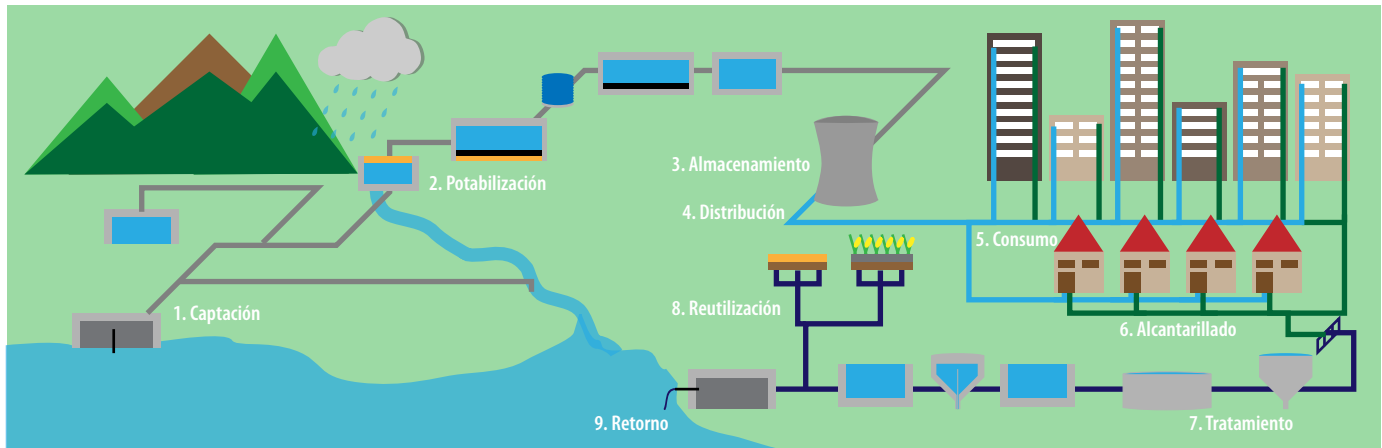
El ciclo urbano del agua

El agua líquida se encuentra naturalmente en ríos, lagos, lagunas, aguas subterráneas (dulce) y mares (salada). Para satisfacer las necesidades asociadas con las actividades humanas, se ha desarrollado infraestructura que permite su canalización, distribución y tratamiento, lo que se conoce como el *ciclo urbano*

RESUMEN

- Las *aguas negras* o *aguas residuales* son aquellas cuya calidad ha sido afectada negativamente por la actividad humana. Proceden de viviendas, poblaciones y áreas industriales y arrastran contaminantes y detritos.
- El tratamiento de aguas residuales es un proceso que limpia y permite su reincorporación a los mantos acuíferos o a los sistemas de agua potable.
- La falta de tratamiento tiene importantes implicaciones ambientales, económicas y sociales, como son la destrucción de los mantos acuíferos y de la flora y fauna de zonas aledañas. Además, genera focos de transmisión de enfermedades y malos olores.
- Existen diferentes tipos de tratamientos que se pueden clasificar por la cantidad y tipo de residuos contenidos en aguas residuales. Por ejemplo, tratamientos con lodos activados, lagunas de estabilización, lagunas aireadas o filtros biológicos.
- Los costos por la contaminación del agua en México se estiman en 57 mil millones de pesos (0.3% del PIB), mientras que el de los daños ambientales asociados asciende a 900 mil millones (5% del PIB) anuales.
- Según datos oficiales, en México se reportan como tratadas 57% de las aguas residuales colectadas. Sin embargo, más de la mitad de las plantas de tratamiento municipales presentan una calificación de mala a pésima en su funcionamiento.
- Este mal funcionamiento es un problema fundamental que se debe principalmente a tres factores: las grandes cantidades de energía eléctrica necesarias para su operación, los costos asociados a la adquisición de lodos activados y materiales especiales y los costos por funcionar con un volumen de aguas residuales que excede su capacidad.
- México ha hecho esfuerzos recientes para aumentar el porcentaje de aguas residuales tratadas, lo cual podría traer múltiples beneficios al país, pero los logros aún no son suficientes.

del agua, que implica una alteración del ciclo natural. Este ciclo urbano existe en toda comunidad humana sin importar su tamaño y consiste de las siguientes fases (**figura 1**): captación, potabilización, transporte, almacenamiento, distribución, consumo, alcantarillado, tratamiento, reutilización y retorno.²

Figura 1. Fases del Ciclo Urbano del Agua²

Problemas asociados a la contaminación y falta de tratamiento

El agua se contamina por residuos, fertilizantes y diferentes químicos que, vertidos en las aguas dulces, terminan por contaminar también las saladas. Según estudios, en el 2015 los gastos generados por la contaminación del agua fueron de 57,403 millones de pesos (0.3 % del PIB nacional). Además, se calcula que los daños en territorio nacional por agotamiento y degradación medioambiental ascendieron a poco más de 900 mil millones de pesos, o 5 % del PIB nacional.³ Algunas consecuencias dañinas al medio ambiente que resultan de la falta de tratamiento de aguas, son:⁴

- **Toxicidad:** afecta directamente a la flora y fauna de los cuerpos que reciben el agua contaminada y a quien la beba.
- **Infecciones:** diferentes organismos patógenos son transmitidos a través del agua, que afectan a los organismos terrestres y marinos con los que entran en contacto.
- **Contaminación térmica de las reservas que contienen el agua:** los líquidos industriales pueden elevar la temperatura de las zonas donde se desechan.
- **Malos olores:** las bacterias y sustancias contenidas en aguas residuales generan gases, resultado de la descomposición.

La experiencia internacional muestra que las afectaciones ambientales son serias y difícilmente reversibles en el corto plazo. En China, 80% de sus ríos están tan contaminados que ya no son aptos para uso humano. En Estados Unidos, las autoridades han tenido que advertir a los habitantes y visitantes que no pesquen ni se bañen en las aguas de dos de cada cinco ríos. De esta manera la población que tiene algún tipo de contacto directo o indirecto con los afluentes se ve afectada por la contaminación.⁵

Desde 1990, nuestro país se comprometió a cumplir con los Objetivos de Desarrollo del Milenio, fijados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), pero la meta de servicios de saneamiento no fue alcanzada. Es importante mencionar que 24% de los municipios del país se encuentra en condición de vulnerabilidad climática alta, lo que representa una amenaza para la cantidad y calidad del agua que consumimos diariamente.⁶

A nivel mundial, México es el segundo país, solo después de China, que utiliza más “aguas crudas” (sin tratar) para riego. Éstas acarrean grandes cantidades de organismos patógenos, metales pesados y residuos de productos de aseo personal que generan problemas de salud, así como de antibióticos, que contribuyen a aumentar la resistencia de las bacterias.⁷

En términos generales, las aguas sin tratamiento pueden provocar enfermedades humanas como cólera, diarreas, disentería, hepatitis A, fiebre tifoidea y poliomielitis. Además, contienen derivados de combustible y nuevos contaminantes que aún no están contemplados en la normativa mexicana que regula los límites y tipos de contaminantes en las plantas de tratamiento; por ejemplo, derivados de disolventes industriales, plásticos y plaguicidas, que inciden de manera importante en el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas como el cáncer.⁷

La inversión en infraestructura de agua y saneamiento tiene efectos positivos evidentes en la reducción de la incidencia de enfermedades gastrointestinales, que disminuye el gasto en Salud Pública. Además, un adecuado tratamiento de las aguas residuales permitiría incorporar nuevamente el agua a los mantos subterráneos, los cuales sostienen alrededor de 62% del uso público, 52% del industrial y 34% del agrícola e industrial.⁷

Tipos de tratamiento

Existen diferentes niveles de limpieza en los procesos de remoción de los principales contaminantes contenidos en las aguas residuales (Tabla 1).⁸

La calidad del agua se mide a través de tres indicadores:

1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), indicador de la materia orgánica que disminuye el oxígeno en el agua.
2. Demanda química de oxígeno (DQO), que se utiliza como indicador de contaminantes de descargas no municipales, es decir provenientes de descargas industriales.
3. Sólidos suspendidos totales (SST), que provienen principalmente de las aguas residuales y la erosión del suelo.

Estos contaminantes presentan altas concentraciones en las aguas residuales del país y la Comisión Nacional del Agua

Tabla 1. Niveles de procesamiento de aguas residuales en México⁸

Nivel	Procesos	Contaminantes removidos	Porcentaje de las plantas existentes
Primario: asentamiento de sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> Sedimentación Decantación Lagunas de estabilización 	<ul style="list-style-type: none"> Ajusta el PH del agua Orgánicos e inorgánicos 	31.14%
Secundario: tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta.	<ul style="list-style-type: none"> Lodos activados Lagunas aireadas Filtros biológicos Reactores anaerobios de flujos ascendente (RAFA) 	<ul style="list-style-type: none"> Orgánicos coloidales Orgánicos disueltos 	60.7%
Terciario: microfiltración y desinfección.	<ul style="list-style-type: none"> Desinfección Filtración química 	<ul style="list-style-type: none"> Orgánicos disueltos Iones Bacterias Virus 	3.35%
No especificado			4.81%

Nota: Entre más sofisticado es el método de tratamiento más cara resulta su operación, adquisición y mantenimiento.

(CONAGUA) los mide regularmente en diferentes puntos. En 2016, la Red Nacional de Monitoreo contaba con 5,068 sitios y de estos, sólo 2,772 eran monitoreados con DBO₅, 2,779 con DQO y 3,810 con SST.⁹ Según datos de 2011 de la CONAGUA, cada año se retiran 0.65 millones de toneladas de DBO₅ de los 2 millones de agua residual que se generan.¹⁰

Los principales procesos de tratamiento de aguas residuales en los municipios se componen por lodos activados, lagunas de estabilización, lagunas aireadas y filtros biológicos, entre otros. Del total de las plantas en el país, 56% son lodos activados y 11.6 lagunas de estabilización.⁸ Otros procesos comunes son las zanjas de oxidación, de reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA, o WAST por sus siglas en inglés).¹¹ RAFA es una de las mejores opciones debido a que evita el uso de energía eléctrica.

¿Cómo funciona una planta de tratamiento?

No hay un modelo ni manual único a seguir para su construcción por lo que las plantas de tratamiento son diseñadas de forma individual. Las fases generales del tratamiento son:¹² (Figura 2)

- **Pretratamiento:** se retiran los componentes más grandes (rocas, papel, troncos, etc.).
- **Tratamiento primario:** se retiran los componentes más finos (arena, grava, limo, arcilla, etc.).
- **Tratamiento secundario:** uso de lodos para convertir a los microorganismos en componentes fácilmente removibles.
- **Manejo de biosólidos:** los lodos excedentes se digieren (por incineración, oxidación o digestión aeróbica), deshidratan y almacenan para su posterior manejo.
- **Desinfección:** se inactivan bacterias, virus y cualquier patógeno para evitar daños a la salud de las personas.
- **Producto final:** el agua depurada se utiliza para fines agrícolas y ganaderos en su mayoría y el resto retorna al medio ambiente.

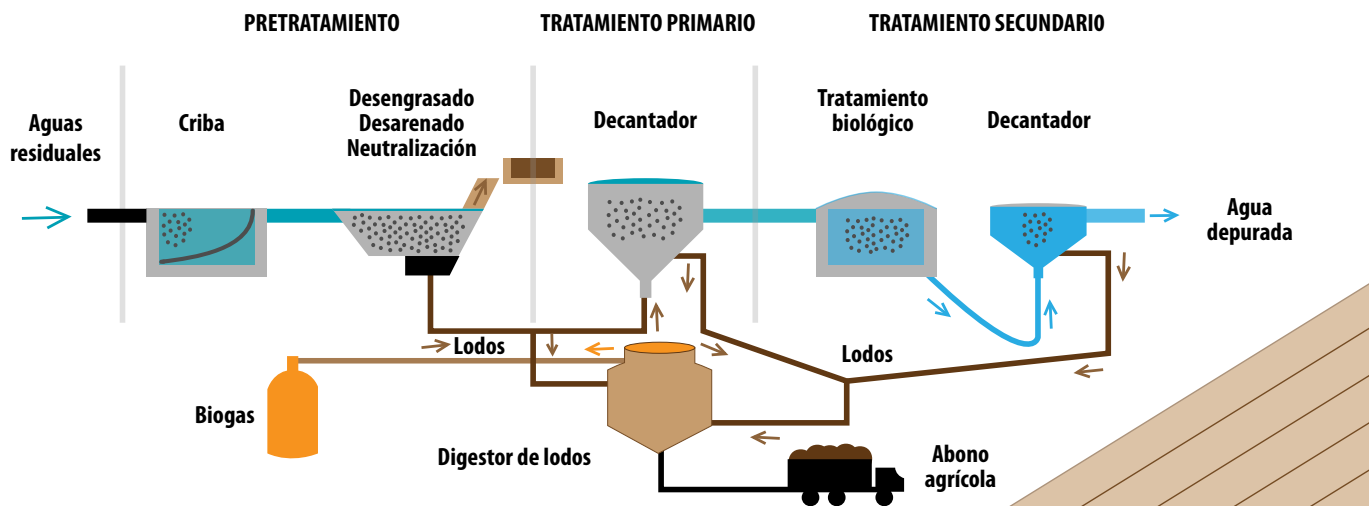
Ejemplos de gestión del agua en el mundo

Un estudio realizado en 2014 por la CONAGUA, indica que el sistema de alcantarillado recolecta un total de 211 m³/s, es decir que al año se producen 7.21 miles de hectómetros cúbicos,¹³ una cantidad de agua que alcanzaría para llenar 2.8 millones de albercas olímpicas.

Los principales problemas para el tratamiento de aguas comienzan con la infraestructura para llevar las aguas residuales a las plantas de tratamiento, donde se presentan diversas dificultades:¹⁴

- Las plantas de tratamiento no cuentan con capacidad física suficiente. En temporada de lluvias hay desbordamientos, debido en parte a la falta de infraestructura que separe el agua pluvial de las aguas residuales.
- La red de agua potable tiene muchas fugas y se pierde 40% del agua dentro de la red.

Figura 2. Descripción del funcionamiento de una planta por fases:¹²



- La falta de sistemas de monitoreo impide conocer las metas clave para romper el ciclo de desabasto de agua en ciudades con gran demanda, como la Ciudad de México.
- Además de estas carencias, hay que añadir el problema de la contaminación y explotación de los mantos acuíferos.¹⁴

El tratamiento de aguas residuales es un tema de preocupación en todo el mundo. Varios países ya están implementado técnicas y estrategias para mejorar la calidad del agua, aumentar la eficiencia de sus procesos y disminuir los costos de su procesamiento. (Tabla 2).¹⁵

Problemática y legislación en México

En México, el saneamiento, agua potable y alcantarillado son responsabilidad de los gobiernos municipales.⁶ Actualmente, la cobertura del drenaje en el país es de 73%, con 2,477 plantas de tratamiento. Sin embargo, solo 57% de las aguas municipales recolectadas en el sistema de drenaje son tratadas, y existe un volumen indeterminado de aguas que no son colectadas debido a que se pierden en las redes de desagüe o son vertidas ilegalmente al medio ambiente.^{7,8,19-21} Un problema grave es la inoperancia en el funcionamiento de las plantas y otro es que no se tiene regulación alguna sobre su tamaño, por lo cual existe una diversidad de tamaños y estructuras, aunque podrían clasificarse por la cantidad de agua que reciben. Por ejemplo, de las plantas pequeñas del país (aquellas que reciben menos de 100 litros por segundo), solo 25% funcionan de manera adecuada.⁷ Esto se debe a una combinación de tres causas principales: 1. los costos de energía eléctrica necesaria para la operación, 2. los costos asociados a lodos o materiales especiales y 3. los costos generados por operar arriba de sus capacidades.²¹

Además, es importante considerar que, debido a factores económicos, culturales y políticos, existen grandes disparidades geográficas en el tratamiento de aguas en el país. De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en los estados de Nuevo León y Aguascalientes se trata más de 90% del caudal generado en dichos estados, mientras que en Yucatán, Campeche e Hidalgo se trata menos de 10%.²² Adicionalmente, México se encuentra en situación de sobreexplotación de los mantos acuíferos, ya que éstos se explotan y no se les da oportunidad de recargarse. En 2015 se registró que de los 653 acuíferos existentes 105 estaban sobreexplotados.⁶ Se estima que en México el consumo de agua por persona es de 280 litros de agua al día² y según Forbes en 2018 la Ciudad de México donde actualmente solo se trata el 15% del agua²³, es una de las 11 ciudades del mundo que podría quedarse sin agua en un futuro próximo.²⁴

Existen Normas Oficiales Mexicanas relevantes a la calidad del agua (Tabla 3).²⁵

Tabla 3. Normas Oficiales Mexicanas SEMARNAT²⁵

Norma	Año	Contenido
NOM-001-Semarnat	1996	Límites máximos de contaminantes en la descarga de aguas residuales a mares y ríos.
NOM-002-Semarnat	1996	Límites máximos de contaminantes permitidos en la descarga de aguas residuales a sistema de alcantarillado urbano o municipal.
NOM-003-Semarnat	1997	Límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales tratadas que se producen en los servicios públicos.
NOM-004-Semarnat	2001	Especificaciones y límites máximos de contaminantes permitidos en lodos y biosólidos para su aprovechamiento y disposición final.

Tabla 2. Ejemplos de mejoras en el tratamiento de aguas residuales, captación de agua y sus beneficios.¹⁵⁻¹⁸

País	Organismo	Proceso	Beneficio
China	XVIII Congreso Nacional de China y GHD	Sistema de gestión de recursos hídricos altamente eficiente para controlar inundaciones y reutilizar aguas de lluvia.	La captación de agua de lluvia ha reducido la degradación del medio ambiente, mejora el aspecto de la zona urbana y los espacios para la recreación. ¹⁵
Australia	Melbourne y CleanTeQ	Introducción de procesos de separación avanzada y tecnología de filtración iónica continua para limpiar el aire y el agua basados en bacterias.	Extracción de metales pesados y eliminación de contaminantes peligrosos para la irrigación de cultivos y ganadería. ¹⁵
EUA	Gobierno de South Bend, Indiana y la empresa Optimatics	Desarrollo de modelos de cómputo y software de planificación para la gestión de aguas residuales.	El plan redujo costos en un 27%, generó ahorros de \$112 millones de USD respecto a planes anteriores y disminuyó los desbordamientos de aguas en más del 30%. ¹⁵
España	La Agencia Catalana del Agua (ACA) en conjunto con la Compañía General de Aguas de Cataluña S.A.	Implementación de un sistema de análisis de consumo de energía en la planta y un sistema de gestión a distancia, que alargue la vida útil de las principales unidades electromecánicas en la planta.	Un ahorro de 8.6 % anual (28 mil Euros), que amortice la inversión de las mejoras en menos de 12 meses. ¹⁶
Francia	Le Havre en conjunto con la empresa Suez Environnement Degremont	Construcción de una mega planta para tener la capacidad de recibir las aguas residuales de 20 ciudades. Incorpora tres tipos diferentes de tecnologías de la empresa.	Reducción de la huella ecológica, disminuyó los costos, el uso de químicos y eliminó olores desagradables. ¹⁷
Hungría	La planta de tratamiento de Csepel (Budapest) en colaboración con la compañía Suez Environnement Degremont	Implementación de un conjunto de tecnologías en el tratamiento de aguas y lodos llamado SEDIPAC.	Implementación de una planta con capacidad de 900,000 m3, que reduce la huella ecológica por los desechos y elimina por completo los olores y ruidos producidos por el tratamiento. ¹⁸

El proceso de verificación de estas normas es auditado por la SEMARNAT, pero los expertos consideran que las acciones son insuficientes ya que no se alcanzan los objetivos nacionales ni internacionales. Además, los resultados no se hacen públicos de manera oportuna y por lo tanto la población no puede saber a tiempo las condiciones en que se encuentran las plantas tratadoras ni qué clase de aguas se obtienen de las mismas.²⁶

En México, cada sexenio establece un Programa Nacional Hídrico donde se fijan las principales metas en esta materia para el país, además de brindar un panorama general de la situación actual en esa temática. De 2001 a 2006 se alcanzó un total de 36.1% de aguas residuales tratadas, y para el año 2012, 47.6%. La ONU establece en su **punto número 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible** “asegurar la disponibilidad y gestión sustentable del agua y el saneamiento para todos”. El reporte “Progreso hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2017” de la ONU menciona que más de 2 mil millones de personas viven en países con escasez de agua.²⁷

Alternativas

La UNESCO propone un ciclo de gestión mejorada de las aguas residuales²⁸ para atender las tres principales consecuencias de liberar aguas sin un tratamiento adecuado, las cuales son:

- Efectos nocivos en la salud humana.
- Impactos negativos en el ambiente.
- Repercusiones adversas en actividades económicas.

En la **tabla 4** se explican los estadios en los que la UNESCO divide su ciclo de gestión mejorada.

Tabla 4. Ciclo de gestión mejorada (UNESCO)²⁸

Estadio	Explicación
Prevención o reducción de contaminación de la fuente	Reducir la cantidad de contaminantes o prohibirlos, a través de la legislación, ya que es más fácil y barato legislar su uso que removerlos de las aguas residuales. Es importante incorporar un sistema de monitoreo de las aguas residuales presentes en el sistema, en tiempo real, que permita plantear objetivos que concuerden con la realidad.
Recolección y tratamiento de aguas residuales	La tendencia mundial va hacia los sistemas descentralizados, que permiten trabajar con pequeños grupos o zonas. Ahorran energía y agua ya que solo cuestan de 20% a 50% del total de una planta tratadora centralizada y su gasto de operación y mantenimiento es también entre 5% y 25% más bajo.
Usar las aguas residuales como una fuente alternativa de agua	Reusar el agua residual beneficia a los ecosistemas, reduce la extracción de agua dulce, rellena los acuíferos agotados y disminuye los costos de llevar agua dulce a las zonas de agricultura y ganadería.
Recuperación de subproductos útiles	Es posible extraer energía de los subproductos del tratamiento de aguas residuales, con lo cual se pueden sustituir parcialmente los gastos energéticos de la planta.

Tabla 5. Propuestas sobre el tratamiento y gestión de aguas residuales (SUSMAI)⁷

Propuesta	Descripción
Seguridad hídrica y gestión de cuencas hidrográficas	Debe considerarse un tema urgente y de aplicación estratégica.
Cambios legales y de diseño institucional	Modificar la Ley de Aguas Nacionales para atender a las demandas y características del contexto actual.
Colaboración y coordinación interinstitucional	Gestión más eficiente y transparente que aumente el interés en las zonas que se encuentren en proceso de industrialización para anticipar crisis hídricas.
Generación de información confiable y transparente	Extender los sistemas de información, monitoreo y alerta temprana sobre aguas y cuencas, que deben manejarse y administrarse desde las universidades para mantener actualizadas las bases de datos.
Manejo del agua urbana	Evitar enviar aguas residuales a plantas residuales lejos de su punto de emisión.
Regulación y mejor gestión de las aguas subterráneas	Incorporar a la ley el modelo de funcionamiento del agua subterránea por el sistema de flujos, el cual consiste en monitorear la cantidad y distribución de las aguas residuales y acuíferos, que permita tomar mejores decisiones respecto a su cuidado y preservación.

El Seminario Universitario de Sociedad, Medio Ambiente e Instituciones (SUSMAI) de la UNAM, elaboró el reporte **Agenda Ambiental 2018: Diagnóstico y Propuestas** donde se aborda la situación actual del tratamiento de aguas en el país y se sugieren medidas para atender el problema (acorde a las características del país y de los esfuerzos realizados en el resto del mundo; **Tabla 5**).⁷

Otros temas que se consideran relevantes son: la utilización de sistemas de flujos regionales llamados *acuíferos profundos*, los cuales son perforaciones en el suelo que permiten alcanzar cuerpos de agua a grandes profundidades; las iniciativas de recargas artificiales; la implementación de sistemas de alerta temprana en sistemas de flujo vulnerables; el aprovechamiento de aguas subterráneas transfronterizas, y el uso de grandes volúmenes de agua subterránea para prácticas de fractura hidráulica (*fracking*) en la extracción de petróleo a partir de rocas sedimentarias de grano fino que contienen hidrocarburos.⁷

Conclusiones

El déficit de tratamiento de aguas residuales, generados al verter aguas residuales sin tratar o con tratamientos inadecuados, implica altos costos en materia de salud, ambientales y económicos.

A pesar de los objetivos nacionales fijados por el gobierno, las metas no han sido alcanzadas y por lo tanto tampoco sus beneficios. Es necesario corregir los problemas de inoperancia existentes en las plantas de tratamiento municipales y mejorar su gestión, para garantizar la calidad e higiene que las normas internacionales y nacionales exigen en la totalidad de aguas del país, lo cual impactaría positivamente en la salud de la población y el cuidado del medio ambiente.

Referencias

1. Naciones Unidas. (Sin fecha). Agua: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>.
2. Foro para la comunicación y la educación ambiental. (Sin fecha). Visión general del agua en México: <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/>
3. INEGI. (2016). Cuentas económicas y ecológicas de México 2015: http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016_11_10.pdf.
4. Vázquez M. (2017). Contaminación del agua: causas, consecuencias y soluciones: <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua-causas-consecuencias-soluciones/>.
5. Rodríguez H. (2017). Las aguas residuales y sus efectos contaminantes: <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>.
6. Comisión Nacional del Agua. (2016). Numeragua México 2016: http://201.116.60.25/publicaciones/Numeragua_2016.pdf.
7. Seminario Universitario de Sociedad, Medio Ambiente e Instituciones. (2018). Agenda Ambiental 2018 Diagnóstico y propuestas: <http://amerac.org/wp-content/uploads/2018/04/Agenda-Amb-UNAM-web-2-para-envio.compressed-1.pdf>.
8. CONAGUA. (2017). Estadísticas del agua en México. Edición 2017: http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2017.pdf.
9. SEMARNAT. (2017). Red nacional de monitoreo de la calidad del agua: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_AGUA05_03&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce.
10. Conagua, Semarnat. (2011). Estadísticas del Agua en México. Edición 2011: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.PDF>.
11. CONAGUA. (2014). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Inventario_Nacional_Plantas1.pdf.
12. CONAGUA. (Sin fecha). ¿Cómo funciona una planta de tratamiento?: <http://www.cuidodelagua.org/empapate/aguasresiduales/funciona-planta.html>.
13. CONAGUA. (2015). Estadísticas del agua en México, edición 2015: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2015.pdf>
14. Hogenboom M. (2018). How a city that floods is running out of water: <http://www.bbc.com/future/gallery/20180510-how-a-city-that-floods-is-running-out-of-water>.
15. Australian Government Australian Trade Commission. (2014). Agua urbana e Industria: <https://www.austrade.gov.au/ArticleDocuments/5310/Agua%20industrial%20y%20urbana.pdf.aspx>.
16. Circutor. (Sin fecha). Reference applications. Case Studies: http://docs.circutor.com/docs/CT_Aplicaciones-CasosExito_EN.pdf.
17. Degremont. (2011). Inauguration of the Edelweiss wastewater treatment plant in Le Havre, the largest cyclor reference in Europe: http://www.degremont.com/en/news/what-about-degremont/news/?actualite_id=60.
18. Degremont. Csepel. (Sin fecha). Hungary: http://www.degremont.com/en/activities/references/references/?reference_id=121.
19. Cruz J. (2017). Más de 60% de municipios en México no tienen tratamiento de aguas residuales: Inegi, proceso: <https://www.proceso.com.mx/478579/60-municipios-en-mexico-tratamiento-aguas-residuales-inegi>.
20. Serrano L. (2014). En México, sólo el 20 % de las aguas residuales son tratadas: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/ambiente/74-en-mexico-solo-el-20-de-las-aguas-residuales-son-tratadas>.
21. Sánchez M. (2014). En México se trata menos de la mitad de las aguas residuales: BID; el 16% de las plantas están inoperantes: <http://www.sinembargo.mx/28-05-2014/1005671>.
22. SEMARNAT. (Sin fecha). Aguas residuales: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_3.html.
23. SEDEMA. (sin fecha). Volumen del agua residual en la CDMX: <http://www.cuidarelagua.cdmx.gob.mx/volumen.html>.
24. Forbes (2018). CDMX, entre las 11 ciudades que podrían quedarse sin agua potable. <https://www.forbes.com.mx/cdmx-entre-las-11-ciudades-que-podrian-quedarse-sin-agua-potable/>.
25. De La Peña M, Ducci J & Zamora V. (2013). Tratamiento de aguas residuales en México. Banco interamericano de desarrollo: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5931/Tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20en%20México.pdf?sequence=4>.
26. Quevedo L. (2018). Semarnat y Conagua: Juez y parte en monitoreo de agua: <http://planoinformativo.com/597991/semarnat-y-conagua-juez-y-parte-en-monitoreo-de-agua-slp>.
27. Naciones Unidas. (2017). Progress towards the Sustainable Development Goals: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=E/2017/66&Lang=E.
28. UNESCO. (2017). Wastewater. The Untapped Resource: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247552e.pdf>.