

Óscar Escolero, César Herrera Toledo y Adrián Pedrozo Acuña

Agua que no has de beber... no la tires

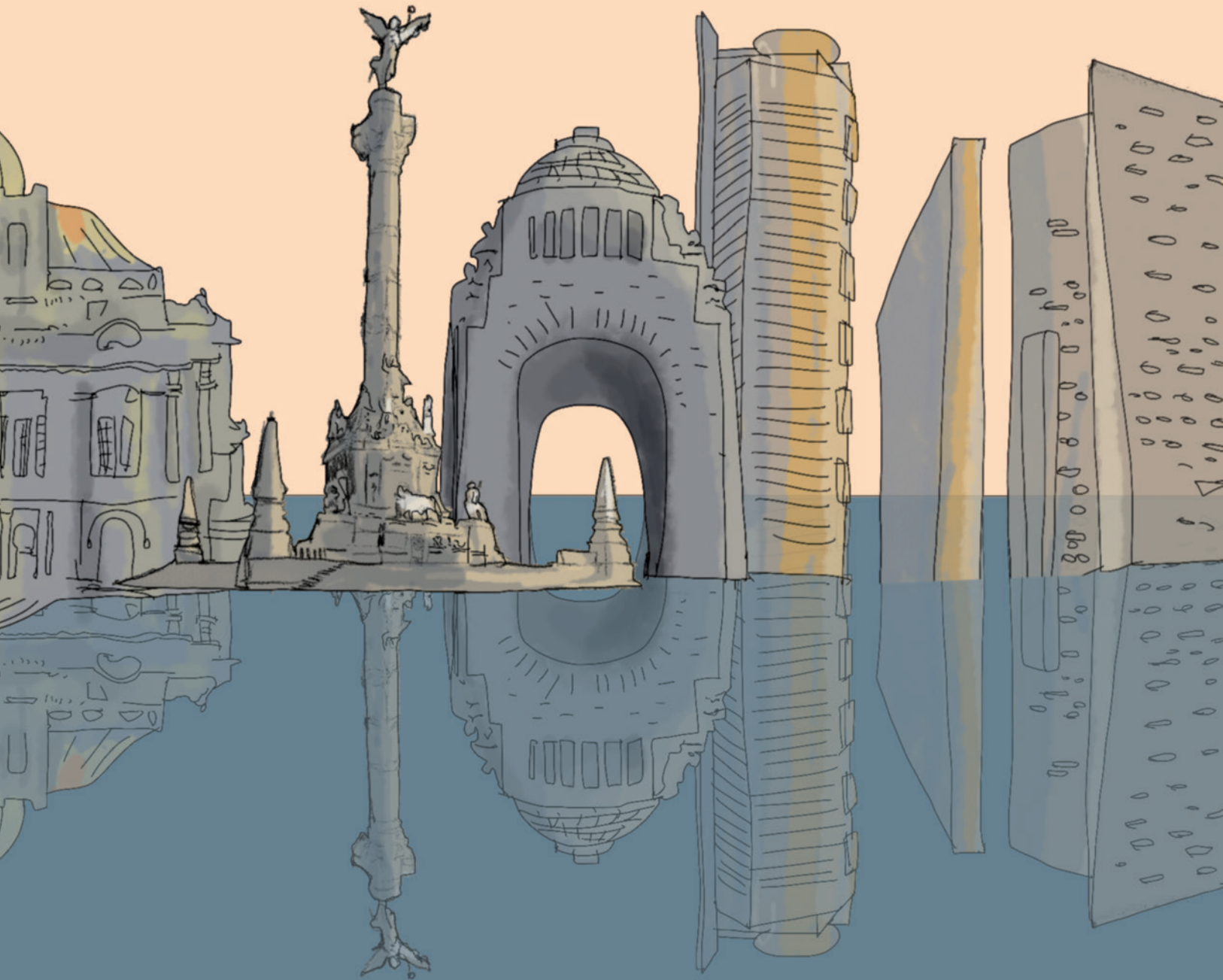
En la Ciudad de México el agua siempre es un tema crítico, tanto por su abundancia en eventos de lluvias torrenciales como por su escasez frente a la creciente demanda. Persisten enormes retos y problemas por resolver. Como respuesta, ha comenzado un proceso de trabajos e investigaciones enfocados a lograr la sostenibilidad del abastecimiento de agua a mediano y largo plazo.



Introducción

Para la Ciudad de México (CDMX) el agua siempre ha sido un tema crítico, tanto por su abundancia en eventos de lluvias torrenciales, que ocasionan inundaciones, deslaves y erosión, como también por la limitada disponibilidad frente a la sed insaciable y demanda creciente de agua en la megaciudad. El abastecimiento de agua potable se reconoce como uno de los principales retos que determina la sostenibilidad de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, que incluye a la CDMX y a varios municipios conurbados del Estado de México.

La demanda de agua para abastecer a los 20 millones de personas que habitan en el área significa un desafío formidable para quienes tienen esta responsabilidad ante la población. La CDMX cuenta con estándares de servicio de agua potable por encima del promedio de América Latina, con 98% de cobertura mediante tomas domiciliarias. No obstante, persisten diferencias en la dotación y el consumo entre diferentes zonas de la ciudad (principalmente por falta de infraestructura y deficiencias en la distribución), y se enfrentan retos importantes relacionados con las



dificultades inherentes al subsuelo, la población flotante, edad de la infraestructura, disminución de volúmenes en las fuentes de abastecimiento, hundimientos, sismos y riesgos hidrometeorológicos crecientes.

En la operación de las fuentes de abastecimiento interactúan diversos organismos regionales, estatales y municipales. La situación legal y administrativa es complicada por el hecho de los **trasvases** entre cuencas, estados y municipios, por lo que la CDMX se encuentra frecuentemente al borde de una grave crisis de abastecimiento de agua. De esta forma, las estrategias aplicadas por lo general se basan en la construcción de infraestructura de conducción y distribución del agua potable; es decir, se ha trabajado tradicionalmente del lado del incremento de la oferta.

En este contexto, la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (Sectei) de la Ciudad de México ha promovido la creación de la Red de Acuíferos de la CDMX, con la finalidad de articular los diferentes esfuerzos que se realizan actualmente para impulsar la recuperación de la cuenca hídrica a partir de acciones de rehabilitación que promuevan el desarrollo integral sustentable de la ciudad.

■ ¿De dónde proviene el agua potable que consumimos en la CDMX?

■ El agua potable que consumimos en la CDMX proviene de una gran diversidad de fuentes, tanto locales (dentro de la CDMX) como externas (del Estado de México, Hidalgo y Michoacán). Para poder organizar y operar esta diversidad de fuentes se han creado diferentes sistemas.

El más conocido es el Sistema Cutzamala, cuya construcción inició en 1982 y el cual consiste en la captación de un conjunto de arroyos mediante siete presas: Tuxpan y El Bosque, en Michoacán; Colorines, Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Villa Victoria y Chilesdo, en el Estado de México; además de seis macroplantas que en conjunto bombean el agua a más de 1 100 m de altura y la envían a la CDMX por un acueducto de más de 200 km de longitud. Este sistema, operado y mantenido por el Gobierno Federal, mediante la Comisión Nacional del Agua (Conagua), entrega el agua **en bloque** para abaste-

cer a 11 alcaldías de la CDMX y a 11 municipios del Estado de México. En promedio, aporta 10.2 m³/s a la CDMX (Escolero y cols., 2016).

Otro menos conocido es el Sistema Lerma. Su construcción comenzó en 1942 mediante la captación de varios manantiales y aguas superficiales en Almoloya del Río, para transferir el agua a la CDMX. Más adelante, y debido a una crisis de agua en la CDMX en la década de 1960, se transformó mediante la perforación de baterías de pozos en los valles de Toluca e Ixtlahuaca-Atlacomulco. Actualmente una parte del agua se consume en municipios del Estado de México y el resto se envía a la CDMX. Es operado y mantenido por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex); aporta 4 m³/s a la CDMX. Aproximadamente, 43% de la población de la CDMX depende total o parcialmente de los sistemas Cutzamala y Lerma.

Debido a la misma crisis de agua mencionada arriba, en 1970 se inició la construcción de otro sistema, conocido como PAI (por el nombre del Plan de Acción Inmediata). Actualmente se compone de siete ramales o baterías de pozos que extraen agua de los valles de Cuautitlán-Pachuca, Texcoco y Valle de México; este sistema incluye ocho acueductos de más de 200 km de longitud en conjunto, además de cinco plantas de rebombeo y la potabilizadora Madín. Los ramales que componen este sistema son: Tizayuca-Pachuca, Teoloyucan, Los Reyes-Ferrocarril, Los Reyes-Ecatepec, Texcoco-Peñón, Mixquic-Santa Catarina y Tláhuac-Nezahualcóyotl. En conjunto, los ramales del Sistema PAI aportan 3.9 m³/s a la CDMX.

Adicionalmente, Sacmex mantiene y opera una serie de 588 pozos dentro de la zona urbana de la CDMX. Estos pozos están organizados en cinco sistemas según la región donde se ubiquen: Norte, Centro, Oriente, Sur y Poniente. El Sistema Sur es el más grande, integrado por 284 pozos y dividido en siete subsistemas. Los primeros pozos en la CDMX se perforaron en 1935, a algunas decenas de metros de profundidad. Actualmente, la profundidad media de los pozos oscila entre 200 y 300 m, aunque también se tienen algunos pozos a 700 y 1 000 m de profundidad, y más recientemente, varios pozos

Trasvases

Forma de transferencia intencional de agua de una cuenca a otra.

En bloque

Entrega de agua en un sitio determinado en forma volumétrica.

con 2 000 m de profundidad. Este conjunto de pozos aporta 13.8 m³/s a la CDMX.

Asimismo, otra fuente importante de abastecimiento dentro de la CDMX es la captación de un grupo de 64 manantiales localizados al sur y poniente, dentro de la zona denominada suelo de conservación. Éstos son operados principalmente por Sacmex y por habitantes de las comunidades locales que los aprovechan. Actualmente aportan 820 l/s a la parte sur de la ciudad.

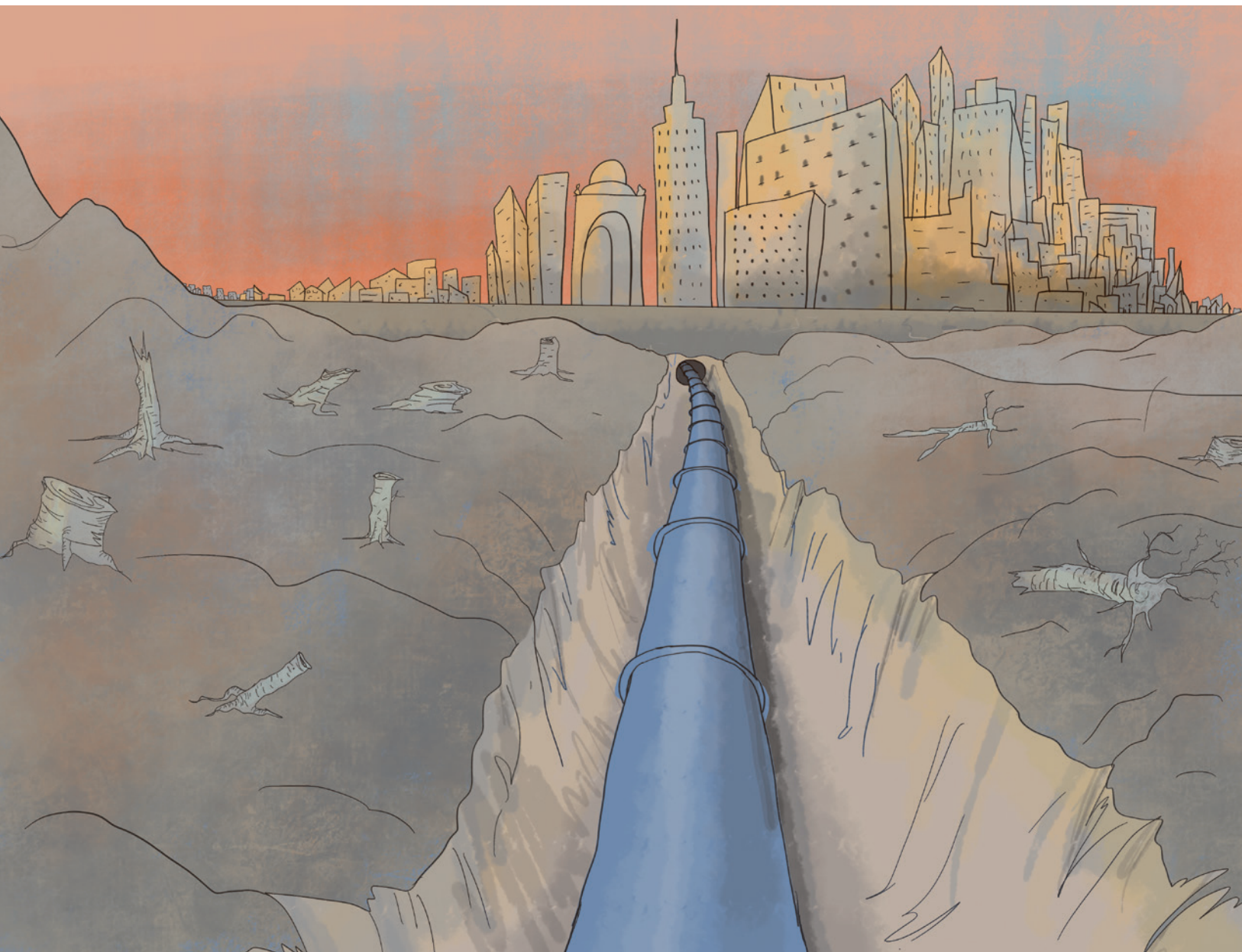
Por último, el Sistema Chiconautla es más pequeño. Su construcción inició en 1957 y actualmente cuenta con 41 pozos de entre 50 y 321 m de profundidad. El otro sistema consiste en la captación de agua superficial del río Magdalena, que aporta 100 l/s a la parte sur de la CDMX.

En resumen, 55% del agua que se suministra a la CDMX proviene de fuentes externas y 45% se origina en fuentes dentro del territorio.

¿Cuánta agua usamos en la CDMX y cuánta reutilizamos?

 El caudal total que se suministra a la CDMX es de 32.4 m³/s, de los cuales llegan a los usuarios finales unos 22.2 m³/s, mientras que los restantes 10.2 m³/s se pierden por fugas en las redes de agua potable, lo que representa 31% del volumen total suministrado.

Del caudal suministrado a los usuarios finales, 85% se destina al uso doméstico y el restante 15% es para usos comerciales. Del agua para uso doméstico en casas y departamentos, 45% se usa en regaderas,



28% en inodoros, 13% en lavabos, 9% en lavado de trastes, 3% en lavado de ropa, y 2% en lavado de autos. Como se puede observar, en las regaderas y los inodoros se consume la mayor parte del agua, y es donde habría más oportunidad de ahorrar en el caso del uso doméstico.

Del agua que echamos a la red de drenaje de la ciudad, una buena parte se trata mediante 26 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) a cargo de Sacmex, en las que se depuran 3.5 m³/s. Este caudal representa 58% de la capacidad instalada en todas las plantas. Del agua tratada se reutiliza 42% para riego en áreas verdes y lagos, 28% para uso agrícola, y 30% en comercios e industrias.

Adicionalmente, en la CDMX existen otras 271 pequeñas PTAR de particulares, que en conjunto depuran un caudal de 460 l/s, trabajando a un 57% de su capacidad instalada. Del agua depurada se reutiliza 78% para inodoros, 10% en riego de áreas verdes, 9% en procesos industriales, y 3% en otros usos, como lavado de autos, etcétera.

En resumen, solamente se depura y reutiliza 18% de los 22.3 m³/s que se suministran a los usuarios finales, mientras que el resto del agua residual se desaloja fuera de la Cuenca de México, para su tratamiento en la PTAR de Atotonilco, en Hidalgo, y

su posterior reutilización para el riego agrícola en el Valle del Mezquital. Es evidente entonces que se tiene un amplio margen de oportunidades para depurar y reutilizar las aguas residuales en la CDMX; uno de los usos potenciales del agua residual tratada a nivel terciario es la recarga del acuífero.

■ **¿Cuáles son los principales problemas relacionados con el suministro?**

■ Para la mayoría de la población en la CDMX, pareciera que hay poco interés para mantener el suministro de agua potable, quizá por el desconocimiento de estos problemas. Pero la realidad es que para poder mantener funcionado el sistema de abastecimiento de agua, se enfrenta una diversidad de obstáculos amplia y compleja, ya que en cada aspecto intervienen muchos actores e intereses económicos, políticos y sociales.

La explotación intensiva del agua subterránea es uno de los casos más conocidos, ya que ha provocado el hundimiento generalizado de la CDMX, lo que a su vez ha causado problemas de inundaciones locales y daños a la infraestructura urbana de redes de distribución de agua y del sistema de drenaje, además de casas, edificios, calles, puentes y otras obras. En 1950 se inició un programa para sacar los pozos del centro de la ciudad hacia la periferia, lo que provocó una reducción en el ritmo de los hundimientos en el centro de la CDMX y al mismo tiempo un aumento del hundimiento en las zonas donde se reubicaron los pozos.

Otro reto es la relación entre las autoridades de la CDMX con las del Estado de México, la cual ha estado siempre marcada por los conflictos políticos y sociales a raíz de la operación de los sistemas Lerma y Cutzamala. La explotación intensiva por el Sistema Lerma ha provocado fuertes impactos ecológicos y económicos en los valles de Toluca e Ixtlahuaca-Atlacomulco, como hundimientos y agrietamientos del suelo en las zonas de explotación, así como la transformación de los cultivos de riego en temporales, debido al incremento en los costos de perforación, mantenimiento y energía eléctrica en los pozos para uso agrícola.



Adicionalmente, desde el punto de vista de la calidad del agua, las presas del Sistema Cutzamala tienen mucha presión por las descargas de aguas residuales de las poblaciones y comunidades asentadas en la periferia de las presas; la presa de Valle de Bravo es la más afectada por la urbanización, ya que todavía se descargan ahí aguas residuales, a pesar de los trabajos para construir drenajes en sus orillas. Además, en la presa Valle de Bravo se practican deportes acuáticos y otras actividades relacionadas con el turismo, las cuales tienen impacto en la calidad del agua.

Por otra parte, en las alcaldías Tláhuac, Xochimilco, Milpa Alta y Tlalpan, donde se practica la agricultura, se tienen problemas de calidad del agua debido al uso de agroquímicos, ya que, al ser aplicados de manera no controlada, contaminan el agua subterránea por la infiltración de los lixiviados agrícolas.

Asimismo, en la zona suroriente de la CDMX (Iztapalapa y Tláhuac) hay problemas de mala calidad del agua por los altos contenidos de sales disueltas, ya que el agua subterránea de reciente infiltración, que tiene bajos contenidos de sales disueltas, se mezcla con el agua subterránea muy antigua (de varios miles de años) de residencia en el subsuelo, la cual tiene altos contenidos de sales disueltas debido a los procesos de interacción agua-roca en zonas profundas.

Otro problema son las fugas en las redes de agua potable y drenaje, aun cuando se están reparando constantemente. Cada año Sacmex repara unas 26 600 fugas, en las que se tira en promedio 0.4 l/s por cada una, lo que equivale a una pérdida diaria de 33 tinacos de 1 000 l en cada fuga. Actualmente se están realizando esfuerzos para reducir las fugas; por ejemplo, la **sectorización** permitirá controlar los volúmenes de agua e identificar mejor las fugas para repararlas.

Por último, las inundaciones y los encharcamientos que se presentan con frecuencia en la temporada de lluvias tienen un origen multifactorial, debido a los daños en las redes de drenaje por los hundimientos y los sismos, sumados al problema del azolve de cauces, presas, lagunas de regulación, barrancas, etcétera.



■ ¿Qué podría pasar con el cambio climático y qué opciones tenemos?

■ La preocupación en el mundo por los efectos negativos del cambio climático surgió a principios de los años noventa del siglo XX. En la primera década, la discusión giraba sobre todo en torno a la aceptación de los cambios como fenómeno de origen antropogénico, así como acerca de la validez de la base científica y los modelos de cálculo. Ahora los efectos del cambio climático son cada vez más evidentes y dramáticos alrededor del planeta. Mientras los mecanismos de mitigación propuestos en el Protocolo de Kioto han fracasado en gran medida, la agenda política se empieza a enfocar en la disminución de la vulnerabilidad frente a los desastres frecuentes y los cambios a largo plazo, para lograr una mejor adaptación a un fenómeno que ya no es reversible.

La seguridad alimentaria, el riesgo por los fenómenos climáticos extremos y los impactos sobre la disponibilidad de agua son los puntos clave de este reto para la humanidad, situación que ha quedado al descubierto con la pandemia del coronavirus, ya que se demanda agua para que toda la población tenga hábitos de higiene apropiados.

En el caso del agua de la CDMX, los impactos identificados están relacionados con el aumento

◀ Sectorización

División de las redes de agua potable en sectores, en forma de compartimientos controlados mediante válvulas para poder transferir agua de un sector a otro.

de la temperatura ambiente en los meses de verano, lo que ocasionará una mayor demanda de agua, una mayor evaporación en las presas y una mayor evapotranspiración en las zonas de recarga. Con respecto a la precipitación, se espera la misma cantidad al año, pero concentrada en lluvias más intensas en periodos más cortos, lo que resultaría en una menor infiltración y un mayor escurrimiento superficial; al haber menor infiltración se reduce la recarga y se afectan los pozos y los manantiales al surponiente de la CDMX. El aumento del escurrimiento superficial agravaría los problemas de encharcamientos e inundaciones en la zona urbana.

Para atender los impactos del cambio climático, además de las medidas de mitigación que permitan reducir la emisión de gases de efecto invernadero, para aumentar la resiliencia y la seguridad hídrica de la CDMX, se deben desarrollar medidas de adaptación, entre las que destacan: adoptar hábitos de consumo per cápita, reducir las fugas en la red y promover una cultura orientada a desalentar el desperdicio. Es conveniente plantear políticas públicas que privilegien el manejo de la recarga para la conservación de los acuíferos con el fin de utilizar el agua subterránea de manera sostenible.

¿Qué se está haciendo actualmente para atender la problemática en la CDMX?

La vida digna incluye de manera importante el acceso al agua en el presente y para las generaciones futuras. El abastecimiento de agua a la CDMX se caracteriza por ineficiencias e injusticias que lo hacen, entre otras cosas, claramente insostenible. El manejo sustentable del agua es un imperativo para garantizar los derechos sociales y una vida digna en la ciudad. Por esta razón, el Gobierno de la CDMX se ha propuesto mejorar el suministro de agua potable en cantidad y calidad, así como disminuir progresivamente la sobreexplotación del acuífero mediante el manejo integral y sustentable del agua.

Además de los programas y proyectos que realizan de manera directa las diferentes dependencias gubernamentales, mediante la participación de instituciones de educación superior y de investigación,



con el apoyo de algunos organismos de la CDMX, como la Secretaría del Medio Ambiente (Sedema), Sectei y Sacmex, se han planteado diversos proyectos encaminados a lograr el manejo integrado y sustentable del agua.

Destaca el Grupo de Investigación en Gestión Integral del Agua Subterránea (GIGIAS), de los institutos de Geofísica y Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Actualmente se realiza el “Estudio para la caracterización de la calidad del agua del acuífero de la Ciudad de México”, en el que se analizan las posibles fuentes que originan los problemas de calidad del agua y se proponen acciones para su protección. Este estudio se apoya en investigaciones previas llevadas a cabo con apoyo de fondos de Sectei (Montiel Palma y cols., 2014) o de Sacmex.

En convenio con Sacmex, el Instituto de Ingeniería de la UNAM desarrolla el “Plan de manejo integral del acuífero” con acciones específicas para



lograr la sostenibilidad. Para ello, se emplea el modelo numérico desarrollado por sus participantes y se incluyen aspectos ambientales, la oferta y demanda, calidad, riesgo, fortalecimiento y gobernabilidad, así como instrumentos de planeación, económicos, políticos, normativos, financieros, tecnológicos, sectoriales, institucionales y sociales que permitan su ejecución.

Asimismo, en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, con apoyo de Sectei, se trabaja en la modernización del monitoreo de los niveles del agua subterránea en la CDMX. Para ello se han instalado dispositivos de medición automática, y los datos se integran a un portal web para su visualización en tiempo real.¹

El Instituto de Geología de la UNAM, mediante convenios con Sacmex, ha participado, desde la concepción del programa, en el diseño, construc-

ción y puesta en operación de cinco pozos perforados a 2 000 m de profundidad, como parte de la búsqueda de fuentes alternativas para la CDMX. Los resultados de dichas perforaciones están disponibles en internet² y en publicaciones especializadas de acceso abierto (Morales-Casique y cols., 2014; Arce y cols., 2015; Morales-Casique y cols., 2015).

Por otra parte, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), en convenio con Sacmex, realiza estudios para la identificar **horizontes** con agua de buena calidad en pozos de Sacmex, como apoyo para la rehabilitación integral de plantas potabilizadoras en la CDMX.

La Asociación 2050 El Equilibrio Hidrológico Cuenta, A. C., con apoyo de la Fundación Gonzalo Río Arronte y de Sectei, elabora un estudio a partir del balance de agua superficial y subterránea de la CDMX, en el marco del Valle de México. Se analizan las diversas acciones a desarrollar para reducir la sobreexplotación del acuífero, incluidas las medidas estructurales; por ejemplo, los proyectos que incrementan la oferta, como Tecolutla o El Mezquital, y también otras medidas locales, como la recarga de acuíferos o el reúso de aguas residuales tratadas.

Más recientemente, el Instituto de Geología de la UNAM, con apoyo de Sectei y la participación de la Coordinación de Asesores del Gobierno de la CDMX, Sedema y Sacmex, desarrolla el “Plan 20 años de desarrollo de la Ciudad de México, propuesta para el sistema de recursos hídricos”. El objetivo es analizar la sustentabilidad del abastecimiento de agua potable a la CDMX a partir de un conjunto de escenarios de uso del agua que correspondan a posibles decisiones o aspiraciones de sus habitantes, con sustento en políticas plausibles, encaminadas a garantizar una vida digna y sustentable para la ciudadanía. Como resultado de este proyecto se plantean escenarios a 40 años, en los cuales se establecen acciones de mediano y largo plazo que permitirían eliminar la sobreexplotación del acuífero y reducir la dependencia de la CDMX de fuentes externas a su territorio.

Horizontes

Estratos del subsuelo con características geológicas e hidrogeológicas homogéneas.

¹ Véase: <<https://www.oh-iiunam.mx/acuifero.html>>.

² Véase: <<https://www.geologia.unam.mx:8080/igl/index.php/boletin-del-instituto-de-geologia>>.

Existen muchos otros proyectos realizados por los integrantes de la Red de Acuíferos de la CDMX, con apoyo de Sectei, Sedema y Sacmex, pero por limitaciones de espacio no los describimos en este trabajo.

■ **¿Qué faltaría hacer?**

■ Tradicionalmente, las diferentes componentes del problema del agua, tanto naturales como sociales y económicas, se han gestionado de manera separada, cuando éstas están fuertemente interrelacionadas. En años recientes se ha transitado a un enfoque integrado que incorpora todas las cuestiones relevantes, equilibra los diferentes intereses de los usuarios del agua y tiene en cuenta el principio de sustentabilidad. Este principio plantea el manejo del agua, de forma que se satisfagan las necesidades presentes, sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesida-

des, y contemplando los impactos socioeconómicos y ambientales asociados a su uso.

En el caso del agua subterránea, en todo el planeta se registra un exceso en la extracción a una tasa mucho más rápida de la que este recurso se repone de forma natural. Esto se debe a la incertidumbre en el cálculo de los volúmenes disponibles y a la insuficiente información por falta de redes de monitoreo adecuadas. Así, la ausencia de rigor técnico en el cálculo de los balances hídricos y la poca vigilancia de las extracciones fomentan un uso no sostenible y poco transparente del agua, lo cual genera conflictos en todo el mundo.

Una posible vía para alcanzar la sustentabilidad del agua es mediante la preservación de las extracciones de agua subterránea a un nivel que no permita su sobreexplotación. En una primera mirada, se podría pensar que es posible extraer un volumen de agua igual al definido por la recarga natural de los



acuíferos, lo cual es un error, ya que los acuíferos son sistemas dinámicos en los que el gasto de salida responde al gasto de entrada. En condiciones naturales, el gasto de salida sería idéntico al gasto de entrada; pero cuando extraemos agua por medio de pozos u otra forma de extracción de manera intencional, se interceptan las descargas naturales, lo cual afecta al flujo de salida y, en consecuencia, al **gasto base** de los ríos. Por lo tanto, para alcanzar la sustentabilidad hídrica de los acuíferos, el uso de agua subterránea debe estar limitado a una fracción de la recarga natural de los mismos. La extracción de agua subterránea de un acuífero siempre afectará los **niveles piezométricos**: a mayor extracción, mayor abatimiento o caída de dichos niveles.

Los estudios del problema del agua en la CDMX consideran cada vez más una visión holística. Sin embargo, todavía hay mucho por hacer en cuanto a las propuestas de soluciones prácticas con un enfoque integral, incluidos los aspectos económicos y sociales, así como la participación de los diferentes usuarios del agua. Para ello, requerimos basarnos en la evidencia científica moderna, el pensamiento crítico, la ética y la transparencia de la información, que nos permitirán construir una solución junto con la sociedad.

Óscar Escolero

Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

escolero@geologia.unam.mx

César Herrera Toledo

Asociación 2050. El Equilibrio Hidrológico Cuenta, A. C.
herrera.toledo@gmail.com

Adrián Pedrozo Acuña

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

adrian_pedrozo@tlaloc.imta.mx

Referencias específicas

Arce, J. L. et al. (2015), "Geología y estratigrafía del pozo profundo San Lorenzo Tezonco y de sus alrededores, sur de la Cuenca de México", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(2):123-143. Disponible en: <<http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6702/%281%29Arce.pdf>>, consultado el 2 de noviembre de 2020.

Escolero, Ó., S. Kralisch, S. E. Martínez y M. Perevochtchikova (2020), "Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3):409-427. Disponible en: <<http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6803/%283%29Escolero.pdf>>, consultado el 2 de noviembre de 2020.

Morales-Casique, É., Ó. A. Escolero y J. L. Arce (2014), "Resultados del pozo San Lorenzo Tezonco y sus implicaciones en el entendimiento de la hidrogeología regional de la cuenca de México", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31(1):64-75. Disponible en: <<http://www.rmccg.unam.mx/index.php/rmccg/article/view/263>>, consultado el 2 de noviembre de 2020.

Morales-Casique, É., Ó. A. Escolero y J. L. Arce (2015), "Estimación de parámetros mediante inversión y análisis de las pérdidas hidráulicas lineales y no-lineales durante el desarrollo y aforo del pozo San Lorenzo Tezonco", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(2):203-214. Disponible en: <[http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6702/\(5\)Morales.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6702/(5)Morales.pdf)>, consultado el 2 de noviembre de 2020.

Montiel Palma, S., M. A. Armienta Hernández, R. Rodríguez Castillo y E. Domínguez Mariani (2014), "Identificación de zonas de contaminación por nitratos en el agua subterránea de la zona sur de la Cuenca de México", *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(2):149-165. Disponible en: <<https://www.revistascca.unam.mx/rca/index.php/rca/article/view/45417/40941>>, consultado el 2 de noviembre de 2020.

Gasto base

Componente del escurrimiento superficial en los ríos perennes, originado principalmente por las descargas naturales de agua subterránea.

Niveles piezométricos

Niveles que alcanza el agua subterránea en los pozos, como resultado de la presión hidráulica en el interior de los estratos del subsuelo.