



2050
EL EQUILIBRIO
HIDROLÓGICO
CUENTA

Una alternativa para el manejo sustentable del Agua en el Valle de México





R Í O A R R O N T E
— F U N D A C I Ó N —



2050
EL EQUILIBRIO
HIDROLÓGICO
CUENTA

CONTENIDO

Presentación.....	3	5. El aprovechamiento y desalojo de aguas pluviales.....	17
Primera parte <i>Las señales</i>	5	Aprovechamiento de escurrimientos y agua de lluvia.....	18
1. El hundimiento y la sobreexplotación del Valle de México.....	5	6. La gestión del agua en el Valle de México	19
El hundimiento	5	7. El ecosistema frente al crecimiento urbano expansivo y anárquico.....	21
La sobreexplotación.....	6	Los servicios ecosistémicos	22
Los daños por sobreexplotación y subsidencia	6	Tercera parte.....	23
Segunda parte <i>Los problemas</i>	8	<i>Un futuro deseable</i>	23
2. Los usos del agua (La demanda)	8	8. Hacia un escenario que contribuya a la <i>seguridad hídrica</i>	23
Los servicios de agua potable	8	Escenario de instrumentación de acciones locales, incluyendo uso público indirecto de Laguna de Zumpango	23
El uso agrícola.....	10	Los trasvases. Un posible umbral	26
El uso industrial.....	11	Otros proyectos.....	26
Energía.....	12	Cuarta parte <i>Cómo lograrlo</i>	28
El financiamiento.....	12	9. El trabajo conjunto.....	28
3. La disponibilidad de agua en las fuentes actuales. (La oferta).....	12	La técnica.....	28
Las fuentes de abastecimiento.....	13	La gobernanza.....	29
Resiliencia en fuentes de abastecimiento	14	La ambiental.....	30
Aprovechamiento eficiente del agua disponible en el Valle de México.....	15	El financiamiento.....	30
4. Calidad del agua y reúso.....	15	Quinta parte <i>Convocatoria de la sociedad civil</i> ...	32
Agua potable.....	15	Referencias.....	33
Agua residual.....	16		
Reúso del agua.....	16		

PRESENTACIÓN

La historia del Valle de México¹ se ha caracterizado por frecuentes conflictos por el agua. De un lago que crece e inunda las ciudades, a una metrópoli que se inunda porque se estableció en una cuenca cerrada donde ya no hay lago ni forma de contener el agua. De separar agua dulce del agua salina y aprovechar manantiales a unas leguas de distancia, a la necesidad de tener que bombear más de mil metros y conducir el agua cientos de kilómetros para que siga la vida de la metrópoli. Pero no hemos hecho lo suficiente frente a esos problemas recurrentes y en consecuencia la brecha ecológica ha crecido, sobre todo durante las últimas décadas en que se desató un movimiento anárquico de crecimiento de la urbe hacia zonas que la naturaleza requería para su renovación cíclica, y agravamos la lucha por el equilibrio.

--Y ¿el hundimiento?

Son cada vez más notorias las irregularidades en el terreno, escalones en puentes y vialidades. Hay colonias donde se abre la tierra en grietas y socavones. Esto es lo que el ciudadano común conoce acerca del desequilibrio y sus manifestaciones. La mayoría no percibe el problema, ni vincula lo que ocurre en Iztapalapa, en Chimalhuacán y sus socavones, o la desecación de chinampas en Xochimilco y Tláhuac, con el minado del acuífero.

Las características del suelo del Valle de México donde antes se extendía la zona lacustre, altamente compresible, aunado a la extracción intensiva del agua subterránea, generan el medio ideal para que en gran parte de la ciudad se hayan presentado

hundimientos hasta de 15m durante los últimos 100 años.

-Pero el acuífero no se ve ni se siente.

Tal vez por este motivo ante un problema que se agudiza y hace crisis, los recursos técnicos y financieros son cada vez más insuficientes para atenderlo.

Una mirada a esta situación permite identificar, a priori, un gran reto:

Lograr que las autoridades del país y de las entidades involucradas, reconozcan la gravedad de la situación del agua y el ecosistema en el Valle de México y establezcan con alta prioridad la estrategia para enfrentarla.

Para ello es necesario despertar la conciencia de la sociedad. Que la sociedad impulse esta iniciativa.

Este documento, que aspira a contribuir en ese sentido, está dividido en cinco partes:

La primera se refiere a las señales del problema, específicamente el hundimiento y la sobreexplotación

La segunda, describe la situación de los recursos hídricos y de los usos del agua en el Valle de México, así como de los fenómenos derivados del crecimiento de la población y expansión de la metrópoli.

La tercera parte plantea un escenario sustentable mediante el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles a partir de un nuevo

¹ Se denomina Valle de México, aunque se trata de siete cuencas denominadas Río Cuautitlán, Ciudad de México, Xochimilco, Río de la

Compañía, Texcoco, Río de las Avenidas de Pachuca y Tochac-Tecocomulco.

paradigma²: lograr la Seguridad Hídrica con los criterios de la Economía Circular, con el cual están comprometidos la Unión Europea y numerosos países que han firmado los Acuerdos de París y persiguen no solamente reducir sus emisiones sino reducir costos de energía y costos ambientales.

La cuarta parte señala algunas de las medidas necesarias para avanzar en el sentido del escenario deseable

La quinta parte es una invitación a participar en la formulación y desarrollo de un programa conjunto, gobierno y sociedad para lograr el escenario deseado.

Los problemas que han llevado a la situación de desequilibrio de la cuenca han persistido por muchos años, pero las condiciones del acuífero y de la infraestructura ponen en riesgo la seguridad del suministro de agua, y su resiliencia ante sismos y otros fenómenos extremos, por lo que se deben atender a la brevedad.

La magnitud de los riesgos y los costos que generan los daños económicos y ambientales que se describen, permiten considerar como insostenible la situación de la cuenca

Se han hecho esfuerzos por parte de las autoridades responsables del manejo del agua en la cuenca, pero éstos muchas veces están desarticulados y no han logrado la continuidad que requiere, quizá por su complejidad, ya que intervienen temas técnicos, ambientales económicos, financieros y sociales.

Por lo mismo se plantea trabajar con el nuevo paradigma señalado para lograr eficiencia económica y ambiental, y autosuficiencia en el Valle de México.

En este documento se plantea iniciar desde la sociedad un esfuerzo que fortalezca a las instituciones con la presencia permanente de grupos sociales que favorezcan la articulación de las actividades y que mediante el seguimiento del

programa sean una voz que escuchen las autoridades para hacer los ajustes necesarios.

² Se puede ver por ejemplo lo que plantea el documento "Water Policy in UK. The Challenges. De la Royal Geographic Society.

PRIMERA PARTE

LAS SEÑALES

1. EL HUNDIMIENTO Y LA SOBREEXPLOTACIÓN DEL VALLE DE MÉXICO

El hundimiento

La Ciudad de México se fundó y creció sobre los antiguos lagos que ocupaban alrededor de la cuarta parte de la superficie del valle de México³. En el proceso de formación de la cuenca se generó una capa impermeable de sedimentos arcillo limosos, denominada *acuitardo*, que permitió sustentar la zona lacustre. Los acuíferos⁴- que en realidad son un solo acuífero- se encuentran debajo del acuitardo, esta capa impermeable de suelos lacustres de espesor variable con un alto contenido de agua y muy alta compresibilidad. Cuando se explota el agua subterránea, una porción del agua extraída proviene de dicho estrato compresible. Al ceder agua, la superficie del terreno se hunde. Con la explotación intensiva del agua subterránea, se ha hundido, de este modo, una gran parte de la metrópoli⁵.

A mediados del siglo pasado ya se consideraba que el hundimiento de la zona urbana era un indicador de que el acuífero estaba sobreexplotado. Por lo mismo se decretó una veda rígida y se construyó una red de captación de agua subterránea en la cuenca vecina del río Lerma, en los valles de Toluca e Ixtlahuaca (Sistema Lerma), para comenzar a importar agua. La ciudad continuó con un ritmo acelerado de hundimiento debido a que en los siguientes 30 años tuvo lugar el mayor ritmo de

crecimiento de la población y de la mancha urbana. (Fig. 1)

Esta situación obligó a las autoridades a definir nuevas acciones para mitigar la sobreexplotación del acuífero y el hundimiento. Se eligió entonces importar agua desde la cuenca del río Cutzamala que

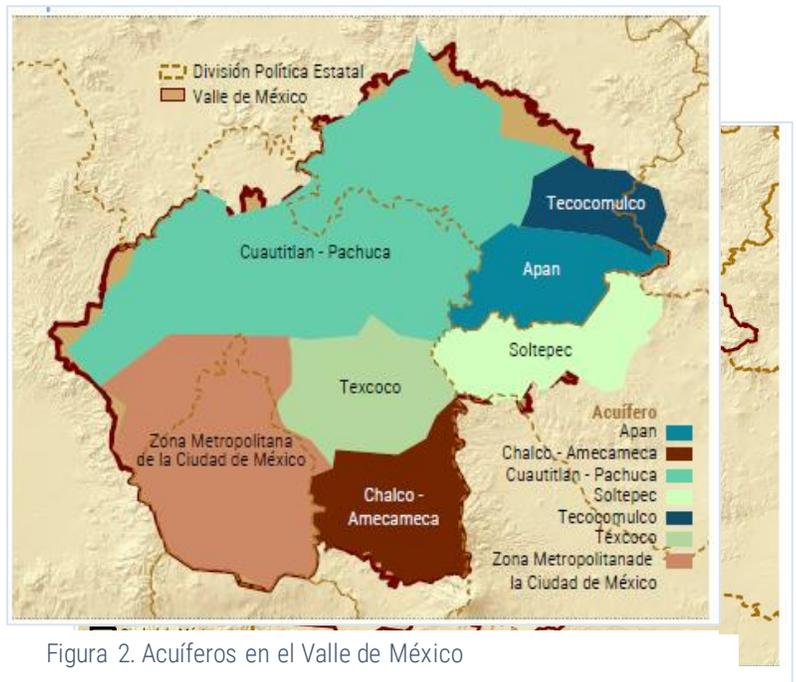


Figura 2. Acuíferos en el Valle de México

Figura 1. Crecimiento de la mancha urbana

permitía aprovechar presas y conducciones del sistema hidroeléctrico Miguel Alemán.

Sin embargo, no solo no se respetó la veda, sino que se decidió construir los ramales de pozos del PAI⁶, con carácter temporal en principio, se autorizaron, entre 1976 y 1992, pozos en los municipios del

³ El Valle de México, en su parte baja contiene al Valle de México.

⁴ Hay siete zonas geohidrológicas del mismo acuífero (Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Chalco, Texcoco, Cuautitlán Pachuca, Soltepec, Apan y Tecocomulco), que se administran como acuíferos diferentes aun cuando todos están relacionados.

⁵ Considerada como la Zona Metropolitana del Valle de México.

⁶ Denominado Programa de Acción Inmediata (PAI) porque se suspendería al entrar en operación el sistema Cutzamala. Sin embargo, a la fecha sigue operando.

estado de México ya en proceso de conurbación. En ese lapso, la metrópoli, la gestión del agua y la cuenca pasaron de un control federal absoluto a un proceso cada vez más compartido entre estados, alcaldías y municipios, con visiones e intereses no sólo distintos sino en ocasiones encontradas.

Durante los primeros años de veda, el acuífero afectado era el que subyace la zona urbana de la Ciudad de México (CDMX), denominado Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México; posteriormente comenzaron a resentir el crecimiento los acuíferos vecinos de Cuautitlán-Pachuca, Texcoco, y Chalco-Amecameca, con los ramales del PAI y perforación de nuevos pozos. (Fig. 2).

Entretanto, la población y la demanda han seguido creciendo y la infraestructura troncal de las fuentes se ha envejecido, con el consecuente incremento de fugas y costos de operación.

Con el ingreso progresivo del sistema Cutzamala en sus tres etapas, disminuyeron el ritmo de sobreexplotación y el hundimiento, pero el proceso y los daños que ocasionan ha continuado y se ha agudizado en algunas zonas del Valle de México en las que menos se ha consolidado el acuitardo.

El hundimiento ha alcanzado en algunas zonas del oriente del Valle de México hasta 15 m pero los asentamientos diferenciales han sido muy perjudiciales para la infraestructura hidráulica, vial y edificaciones. En zonas ubicadas al oriente de la cuenca, se han presentado grietas con graves daños para las viviendas. (Fig. 3).

La sobreexplotación

La información de las extracciones de agua del acuífero es imprecisa, debido al deficiente sistema de medición de los volúmenes que se bombean en más de 4 mil pozos existentes para distintos usos en el Valle de México, así como a la falta de inspección y vigilancia sistemática, y nula aplicación de

sanciones a los usuarios de pozos que operan con irregularidades.

Del acuífero y del hundimiento diferencial o subsidencia se tiene información detallada, gracias a una antigua red de bancos de nivel que se ha ido reforzando e instrumentando por parte del SACMEX y el Instituto de Ingeniería de la UNAM y un sistema de monitoreo piezométrico del acuífero, operado por ambas mismas instancias y la CONAGUA.

El problema real es que prosiguen los abatimientos de los acuíferos y se reconoce una pérdida anual de volumen almacenado en la reserva subterránea, que oscila entre 700 y 800 millones de metros cúbicos que equivale a una torre de 25 kilómetros de altura sobre la plancha del Zócalo, cada año⁷.

Los daños por sobreexplotación y subsidencia

Este minado ha provocado el hundimiento diferencial de toda la zona que ocupaban los lagos, y consecuentes daños a las redes de servicio y a la infraestructura además de volver más vulnerables los suelos a los



Figura 3. Efecto del hundimiento diferencial en edificaciones del Centro Histórico

⁷ También sería posible con este volumen llenar y vaciar diariamente un recipiente del tamaño del estadio Azteca.

impactos de los sismos y generar mayores depresiones que intensifican las inundaciones. En pozos de la zona oriente se extraen aguas con mala calidad, consecuencia de la construcción de plantas depuradoras a pie de pozo para poder utilizarla.

La tolerancia de la sobreexplotación y la sobre concesión se ha justificado con la necesidad de atender la demanda de agua de la población ante la insuficiencia en las fuentes de abastecimiento. Ello implica tolerar la gran ineficiencia en el uso del agua.

El acuífero ha sido utilizado como un medio de subsidio para todos los usuarios, que resulta ya insostenible y representa, con sus impactos asociados, un costo que sale de toda proporción.

Estimaciones realizadas sobre el costo de la sobreexplotación alcanzan la cifra conservadora de \$70 por cada metro cúbico. Este es un costo social que todos pagamos⁸. Dicha cifra multiplicada por los 710 millones de metros cúbicos de minado anual representa un costo de 49,700 millones de pesos anuales, producto de las reparaciones a la infraestructura hidráulica, en viviendas y edificios, de los incrementos en el consumo de energía, de las inundaciones de zonas deprimidas por el hundimiento y de la pérdida de volumen almacenado en el acuífero. Una suma muy superior a la que se destina al manejo del agua en la cuenca.

⁸ Estudio de Costos de Hundimiento. A.C. 2050. 2019

SEGUNDA PARTE

LOS PROBLEMAS

2. LOS USOS DEL AGUA (LA DEMANDA)

Más de tres cuartas partes del agua de las fuentes se utiliza para el uso doméstico y usos urbanos asociados, que incluye una pérdida mayor al 40% de esta agua por fugas en las redes, un volumen superior a la suma del que se utiliza en la agricultura y la industria. La dotación promedio resultante en las tomas de agua (160 l/h/d) es relativamente baja, si se considera que incluye usos comerciales e industriales abastecidos por las redes además de la demanda insatisfecha.

Los servicios de agua potable

Las coberturas de agua potable son elevadas en general (97% en promedio en todo el Valle de México). Sin embargo, se tienen fallas severas en la continuidad y presión con que se recibe el servicio en las alcaldías y municipios del sur oriente; en algunas colonias reciben agua de mala calidad. El importante mercado de agua embotellada que hay en México obedece a que el agua distribuida no se considera potable.

De acuerdo con el Sistema de Aguas de la Ciudad de México⁹, se considera que las dotaciones promedio en los últimos años oscilan entre los 303 l/h/d, con máximos de 322 l/h/d y mínimos de 288 l/h/d, las cuales, comparadas con las recomendaciones de la Organización Panamericana de la Salud (de 150 a 170 l/h/d) pueden considerarse altas. Sin embargo, al tomar en cuenta las pérdidas de agua, las cantidades entregadas se reducen considerablemente.

En las 16 alcaldías de la Ciudad de México existen marcadas diferencias en los niveles de consumo doméstico. Mientras que hay alcaldías en las cuales se han llegado a registrar históricamente consumos

de hasta casi 235 l/h/d, en otras demarcaciones se han presentado registros de consumos domésticos apenas superiores a los 75 l/h/d. Al cierre del año 2022, la Alcaldía Cuajimalpa de Morelos presentó los niveles de consumo doméstico promedio per cápita más elevados, con 171.2 l/h/d, mientras que en la Alcaldía Milpa Alta se tuvo el consumo promedio más bajo, con 30.3 l/h/d.

Para el caso del estado de México, de acuerdo con información de la CAEM, al año 2020, para los 50 municipios que forman parte del Valle de México, se tenían dotaciones reales (agua entregada a los municipios) que iban de los 42 a los 674 l/h/d, teniendo un promedio de 256 l/h/día que, descontando las pérdidas por fugas, el valor se reduciría a un estimado de 155 l/h/d. Este rango ejemplifica la inequidad que existe en los servicios de agua potable en algunas zonas de la cuenca.

El elevado consumo en las zonas del poniente, donde se recibe el caudal de las fuentes externas, reduce la disponibilidad para otras zonas, como la oriente, donde se encuentran colonias con alta marginación. A esto se suma la insuficiente infraestructura del nor-oriente. En las zonas que reciben esporádicamente el servicio, los usuarios se ven obligados a adquirir agua en pipas o en tambos y pagan costos sustancialmente más elevados por el agua indispensable.

⁹ Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos en la Ciudad de México 2018 - 2024

El problema de la distribución

Uno de los obstáculos para hacer más eficiente –y democrática– la distribución de agua ha sido la desconexión entre el crecimiento de la población y la mancha urbana, la planeación y desarrollo de las principales conducciones de agua en la red primaria de distribución, tanto en la CDMX como en el Edo. de México. A lo anterior se suma el problema del tandeo, que consiste en el servicio intermitente que en algunos casos alcanza varios días sin suministro. En la Fig. 4 se puede observar que la mayor parte de las colonias a las que se brinda el servicio por tandeo se ubican en las alcaldías Iztapalapa, Tláhuac, Xochimilco y Tlalpan. Para el año 2019 se tenía un estimado de alrededor de 541 colonias, de aproximadamente un total de 2400 colonias que tiene la CDMX, a las que se les brindaba servicio por tandeo (22.5%).

Las recientes sequías en Cutzamala han dejado al descubierto las deficiencias en la distribución de agua que ha sido mitigada con pipas y con el tandeo extendido a toda la ciudad. Ha sido necesario utilizar más eficientemente el agua de los acuíferos sobreexplotados, para compensar las reducciones de agua superficial, con los daños antes señalados.

Las obras previstas para atender este problema como el “acuaférico” no se han completado y las líneas primarias poniente - oriente resultan insuficientes.

Los problemas fronterizos en la distribución del agua de la CDMX y el Edo. de México podrían pasar a la historia si se realizara la planeación de una red metropolitana que, progresivamente, sustituyera a la actual, la cual no funciona adecuadamente.

La operación de la red se realiza por tandeos, en promedio de 12 horas. Durante las horas con servicio se producen fugas en la red y en las tomas domiciliarias, por el incremento en la presión. A pesar de los esfuerzos de los últimos años por sectorizar las redes en la CDMX, no se han logrado resultados sustantivos; se requiere contar con medición en los nuevos sectores para hacer

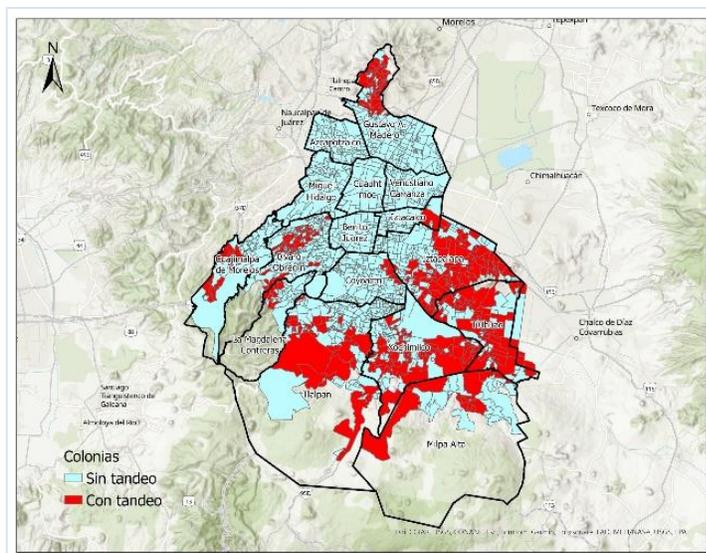


Figura 4 Colonias que reciben servicio por tandeo (2019) El problema de las fugas

evaluaciones de los beneficios de esta iniciativa. Las autoridades del Estado de México consideran que el nivel de fugas en sus redes es similar al de la CDMX.

El programa de rehabilitación y sectorización de redes en la CDMX ya está en curso, siendo un gran reto para el gobierno de la ciudad y del SACMEX que, en cierta forma, no se ve, pero ocasiona trastornos durante la construcción, y por eso su postergación en otras administraciones. Es indispensable que los municipios del Estado de México, principalmente los más poblados, emprendan proyectos similares.

Las campañas para controlar el desperdicio al interior de viviendas y establecimientos deberán ir acompañadas de incentivos y una revisión periódica del escalonamiento en las tarifas; no es posible que se siga cobrando el agua con bajas tarifas por razones políticas; existen mecanismos para orientar subsidios que no sean otorgados a través de las tarifas de agua.

La medición y cobro del agua

Existe, en general, medición del agua que se extrae de los pozos para los sistemas urbanos y se está implementando la macromedición en los sectores de la CDMX. Algunas zonas y fraccionamientos del Edo. de México también la realizan.

Respecto de la micromedición, la CDMX tiene una cobertura del orden de 60% en tomas domiciliarias. En la mayor parte de los municipios conurbados el cobro del agua se realiza con la aplicación de cuotas fijas que suponen consumos promedio en tomas, variables según las zonas. La micromedición se concentra en los usos industriales y comerciales.

La experiencia internacional muestra que la instalación de medidores de agua en las tomas puede ser selectiva si se cuenta con un buen sistema de macromedición y se distribuyen el volumen y los costos de cada macro circuito entre las tomas que contiene. Esto involucra a los usuarios como vigilantes de posibles fugas en la red o dispendio entre los vecinos y, por medio de comités vecinales, se puede lograr mayor conciencia del valor y cuidado del agua.

El nivel insuficiente de inversión en mantenimiento y desarrollo de los sistemas obedece en gran medida a los esquemas tarifarios no sustentables que prevalecen, que descapitalizan a los organismos operadores, y han generado un enorme rezago y deterioro en el sector.

del 15% del agua de las fuentes. Hay 2 pequeños distritos de riego.

El DR-073, La Concepción, con 506 usuarios y 358 ha, que son regadas a gravedad con agua de la presa la Concepción; para el año agrícola 2021- 2022 contaban con una superficie cosechada de 139 ha y una lámina promedio de 55.9 cm.

El DR-088, Chiconautla, con 1,808 usuarios y 2,790 ha se abastece con aguas del Gran Canal, mediante bombeo, con una superficie cosechada en el mismo periodo de 1,600 ha y una lámina bruta de 141 cm, ligeramente por arriba de la lámina nacional utilizada en el mismo periodo (110 cm)

Sin embargo, la urbanización avanza sobre ambos, disminuyendo las áreas de cultivo; durante el 2022 sólo se sembró entre el 42% y 50% de la cantidad de hectáreas que se sembraban en el año 2,000. En la Figura 5 se muestran mapas sobre la condición de los distritos de riego 073 y 088, el polígono muestra el tamaño original de la zona agrícola, mientras que

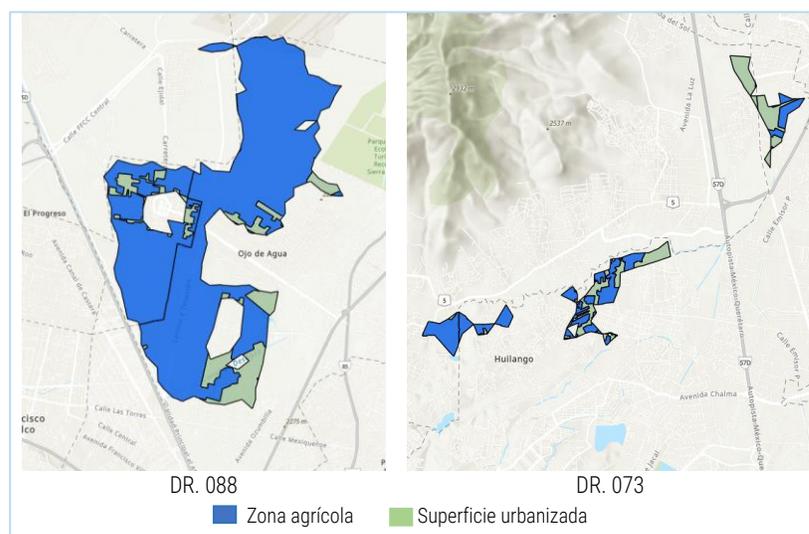


Figura 5. Distritos de riego en el valle de México

El uso agrícola

La agricultura de riego en el Valle de México es una actividad relevante que todavía utiliza alrededor

la parte verde muestra la superficie que ha sido invadida por edificaciones y urbanización¹⁰.

Las unidades de riego tienen una superficie nominal del orden de 78,000 ha dentro del Valle, principalmente en el estado de México. Sin embargo, la superficie regada con agua superficial y subterránea que reporta SADER (SIAP) se ha reducido a menos de la mitad. Debido a que no se cuenta con una descripción de estas unidades, no es posible determinar con precisión sus fuentes de abastecimiento actual. También se utilizan aguas residuales crudas de las localidades urbanas y rurales en el entorno.

Una de las dificultades que presenta la posibilidad de reemplazar el agua de pozo por agua tratada es la dispersión de las áreas de riego, ya que se necesita una red de agua tratada para abastecer a todas las zonas de riego. Pero más importantes son la exención de pago del agua y los subsidios a la energía. Si se logran combinar elementos como la reorientación de los subsidios y mejores esquemas financieros para el desarrollo de sistemas de tratamiento y su operación con garantía de calidad y regularidad, ya sea por los organismos operadores o por los propios usuarios agrícolas, es posible constituir unidades de riego con agua tratada.

Se han sacrificado zonas de riego cedidas al crecimiento urbano irregular y no se ha impulsado el reúso ni fomentado una reducción del dispendio entre los usuarios.

El uso industrial

A raíz de las medidas establecidas en los años '70 del siglo pasado para controlar las descargas industriales, un buen número de establecimientos salieron del Valle de México hacia otras zonas y muchos otros establecieron sistemas de recirculación y redujeron significativamente su consumo. A esto obedece que la demanda de agua de primer uso se ha conservado en los 7.8 m³/s.

La industria en la ZMVM se desarrolló y consolidó entre 1950 y 1980 para abastecer al creciente mercado interno. La zona industrial de Vallejo fue un potente núcleo industrial concebido con ese fin, con predominancia de la industria química y de manufactura; en la alcaldía Miguel Hidalgo se asentaba, entre otras, la industria automotriz y en Tlalnepantla y Ecatepec creció de forma sostenida la industria química, cementera, del papel, etc.

En la década de 1980, derivado de la crisis económica, se inició la reconversión estructural hacia una estrategia basada en la apertura comercial, que significó cambios en la geografía de la producción manufacturera del país y la disminución de la participación de la CDMX en el empleo manufacturero nacional: entre 1975 y 2013 la participación se redujo en 30 puntos porcentuales, casi un tercio del empleo se redistribuyó a otras partes del país. A pesar de la desindustrialización, la ZMVM conservó poco más de un tercio del empleo nacional en los grupos de impresión y editoriales, química y derivados del petróleo, en las que la urbe presentaba más especialización ocupacional y ofrecía ventajas de ubicación.

Hoy, siete polígonos industriales concentran 53.6% del PIB manufacturero en la ZMVM, una magnitud de producción 57 veces más que la media metropolitana; se ubican en: Azcapotzalco, Iztapalapa, Cuautitlán Izcalli, Tlalnepantla, Naucalpan, La Paz y Ecatepec.

En la ZMVM del Estado de México hay 77 parques o desarrollos industriales; los municipios con mayor cantidad son Tlalnepantla (17), Cuautitlán Izcalli (12), Ecatepec (10), Tultitlán (10), Naucalpan (6) y Tepotzotlán (6). En la CDMX, los 22 subsectores en que se divide el sector industrial tienen 1,154 establecimientos.

¹⁰ CONAGUA 2019. Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola.

El uso consuntivo del agua para uso industrial en el Valle de México es de 246'687,697 m³/año 7.82 m³/s), además del uso de la Termoeléctrica del Valle de México, de la CFE, para generación de energía eléctrica: 30'589,920 m³/año (0.97 m³/s).

El mercado potencial para el uso de agua tratada en la industria es hacia sistemas de enfriamiento, procesos que no requieren agua potable y equipos de transferencia de calor.

Es conveniente considerar que la implantación del reúso del agua en la industria requiere satisfacer la calidad del agua para los diferentes procesos industriales y es necesario dar tratamientos posteriores al agua que sale de las PTAR. Esta acción debe hacerse dentro de cada industria y por cuenta del usuario; sin embargo, es un esfuerzo adicional para lograrlo, en vista de la economía de agua potable que se consigue al reemplazarla por agua tratada.

Energía

El consumo de energía en todo el manejo de agua es una variable sin la cual el agua no entraría ni saldría del sistema. Entre el bombeo desde los sistemas Cutzamala y Lerma, el bombeo de los pozos en los Valles de México y Toluca, las plantas de bombeo en el sistema de drenaje y las plantas de tratamiento, el consumo equivale a dos ciudades del tamaño de Puebla¹¹.

El financiamiento

Los recursos que se destinan al sector en el Valle de México son insuficientes para atender las demandas crecientes en un marco de sustentabilidad. Habrá que revisar los programas presupuestarios (federalizados) que ha utilizado el gobierno federal para apoyar a los gobiernos y organismos locales, ya que no han funcionado eficazmente para impulsar el mejoramiento de servicios y eficiencias en la gestión

¹¹ Solo el Mpio de Puebla (CFE):

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
GWH	2,749.6	2,833.1	2,879.5	2,820.1	2,821.0	2,793.8	2,403.0	2,393.0

INEGI, 2015, 1 576 259 habitantes.

del agua por diversas razones. Una razón fundamental es que queda a cargo de la contraparte de inversión local la suerte de dichos gobiernos y organismos sin establecer requisitos como la autonomía de operación basada en tarifas adecuadas y cobranza eficaz, dejando el subsidio como responsabilidad del organismo operador. Se intentó en el pasado con el Fideicomiso 1928, impulsar una tarifa sostenible, pero no funcionó. Poco a poco las tarifas han aumentado, pero tanto éstas como la eficiencia de recaudación, siguen siendo insuficientes. Las reglas de operación de los programas son demasiado generales y difícilmente se apegan a los requerimientos específicos de cada localidad.

3. LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LAS FUENTES ACTUALES. (LA OFERTA)

El clima del Valle de México varía de sur a norte de subhúmedo a semiárido. Lluven más de 1,200 mm en la alcaldía de Tlalpan y menos de 600 mm en algunos municipios del estado de Hidalgo. El ciclo hidrológico de la cuenca puede resumirse en los siguientes valores promedio.

Componente	hm ³ /año	m ³ /s
Precipitación	6,367	201.92
Evaporación	5,105	161.89
Escorrentamiento superficial virgen	713	22.68
Recarga de acuíferos	1,163	36.87

Fuente: Datos de Conagua, 2020.

Tabla 1. Componentes del ciclo hidrológico regional.

Sumados la recarga y el escurrimiento virgen, se tiene un volumen de 1,876 hm³. Este volumen representa 83.4 m³ por cada uno de los 22.5 millones de habitantes, valor que se considera extremadamente bajo respecto al promedio de 3,660 m³ por habitante al año.

El Valle de México padece de una condición de estrés hídrico debido a la presión que ejerce la demanda sobre sus recursos, que ha llevado la situación al extremo de sobreexplotar sus acuíferos y tener que complementar su abastecimiento con agua de fuentes distantes.

Como se afirma al describir la sobreexplotación, la estimación de las extracciones de agua subterránea es sumamente imprecisa debido a la falta de control y medición de un gran número de aprovechamientos. Por el lado de los aprovechamientos de agua superficial, debido a que las aguas crudas se someten a procesos de potabilización y se entregan mayormente como agua en bloque a los organismos operadores, la medición es confiable. Lo mismo en el caso de los caudales de agua tratada que se producen en las plantas de tratamiento existentes.

Mediante el análisis de la información disponible es posible conocer el orden de magnitud e importancia de las distintas fuentes, confirmar el papel del agua subterránea como fuente principal, así como el agua potable¹² como el uso preponderante. Destacan el escaso aprovechamiento del escurrimiento superficial, en particular para agua potable y el bajo nivel de reúso de agua tratada.

Las fuentes de abastecimiento

En los años 40's del siglo pasado, la mayor fuente de abastecimiento era el Acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y se complementaba con algunas fuentes superficiales locales. En los años cincuenta, se empezaron a sumar fuentes alternas de abastecimiento como el Sistema Lerma y la Presa Madín. Para las décadas de los 60's

y 70's, se agregó el pequeño caudal del río La Magdalena. En las décadas de los 80's y 90's, se incorporó el agua del Sistema Cutzamala. Pero la zona metropolitana y su demanda de agua han seguido creciendo.

El agua subterránea

El agua subterránea, incluyendo la que se importa de una cuenca vecina (Lerma) es la principal fuente de abastecimiento en el Valle (cuando menos el 76¹³%). La mayor parte se extrae de acuíferos sobreexplotados, para abastecer los diversos usos que la aprovechan, sobre todo para el suministro de agua potable en las zonas urbanas (75% de la extracción). Los pozos están, en su mayoría, distribuidos en las zonas urbanas, agrícolas e industriales. Para atender a la ZMVM se tienen también ramales de pozos (el PAI, principalmente), que concentran la extracción de las zonas acuíferas de Cuautitlán Pachuca, Texcoco y Chalco.

Sistema Lerma

Hasta antes del ingreso del sistema Lerma, la red de distribución se ampliaba y se perforaban pozos para dar servicio a nuevas colonias. A partir del ingreso de esta fuente, fue necesario construir grandes tanques de almacenamiento y regulación, y desarrollar líneas de conducción de mayor diámetro en la red urbana para distribuir sus caudales, principalmente al poniente de la ciudad.

Con el paso de los años, el sistema Lerma comenzó a producir también fuertes abatimientos por sobreexplotación y en consecuencia afectación a los usuarios locales, provocando inconformidad entre los habitantes de las zonas de captación, obligando a reducir el bombeo para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México de 14 a 4 m³/s en promedio¹⁴.

Plan de Acción Inmediata (PAI)

A principios de los años 70' se desarrolló este conjunto de ramales de pozos cuya operación se suspendería al ingresar una nueva fuente externa.

¹² Denominado uso público urbano y doméstico, que es agua que distribuyen las redes en las localidades, para distintos usos.

¹³ Para efectos de los estudios de disponibilidad en cuencas, se considera al Lerma como fuente de importación de aguas superficiales.

¹⁴ Estadísticas de SACMEX en años pasados indican que no se extraen ya más de 4 m³/s.

Junto con los ramales se construyeron nuevos tanques de regulación y conducciones para alimentar la red desde el norte, sur y sureste de la zona urbana. El sistema contribuye a abastecer la Ciudad de México y municipios de los estados de México e Hidalgo. Recientemente, se tomó la decisión de perforar más pozos en el acuífero Cuautitlán-Pachuca para atender las necesidades del AIFA y de poblados cercanos.

El agua superficial

El caudal que escurre por los ríos que originalmente alimentaban los lagos, llega a la zona urbana arrastrando los suelos erosionados y basura que se acumula durante el estiaje, y se mezcla con el agua residual en el sistema combinado de drenaje. Gran parte del escurrimiento se produce durante las tormentas que escurren cada vez con mayor velocidad por el suelo pavimentado. Lo anterior ha dificultado considerablemente la utilización de los escurrimientos como fuente de abastecimiento. Hasta ahora solo se aprovecha un poco más del 25% de este recurso en la cuenca, el resto se trata de desalojar cuanto antes, por la falta de infraestructura de almacenamiento y por los problemas de inundaciones. Para el desalojo fue necesario construir un sistema de túneles profundos para sacar de la cuenca esas aguas de tormenta. Desde el siglo XVII se comenzaron a hacer obras de desalojo que continúan a la fecha, pero siguen siendo insuficientes.

Sistema Cutzamala

Al escurrimiento superficial del Valle de México que logra aprovecharse, se suma el caudal importado de la cuenca del río Cutzamala, para suministrar agua potable. Las 3 etapas construidas de este sistema entraron en operación entre 1982 y 1994. Actualmente suministra cerca de 14 m³/s. El sistema consume alrededor de 2,280 GWH al año (5.40/KWH/m³), equivalente al consumo de una ciudad del tamaño de Puebla, y, junto con el sistema Lerma, el PAI, pozos y plantas de bombeo de aguas pluviales y residuales, que duplican dicho consumo,

contribuye a la *huella de carbono* de la cuenca. La energía eléctrica constituye su principal costo de operación.

Resiliencia en fuentes de abastecimiento

La metrópoli está sujeta a diversos eventos relacionados con la seguridad hídrica¹⁵, tanto por el lado del abastecimiento de agua como por efecto de las inundaciones.

En la historia contemporánea se registra la eventualidad de catástrofes como el sismo de 1985, donde 5 millones de personas se quedaron sin agua, y, 32 años después, aunque con menor intensidad el mismo 19/09 de 2017. Por fortuna, los sistemas Lerma y Cutzamala no sufrieron afectaciones mayores no obstante su antigüedad.

La ZMVM carece de un sistema de respaldo o de una capacidad de almacenamiento que permita sustituir siquiera parcialmente los caudales que aportan estos sistemas. Originalmente se pensó que el PAI podría tener esta función.

El sistema Cutzamala es vulnerable a las sequías que se presentan en sus cuencas de captación y que pueden agudizarse con el cambio climático. También es vulnerable a problemas de contaminación y eutroficación en los vasos de las presas del sistema que reciben descargas de agua residual sin tratar y dificultan la operación de la planta potabilizadora. Por otro lado, es vulnerable al problema de corrosión en sus tuberías e instalaciones y reducción del suministro para reposición de tramos afectados. Una tercera línea del acueducto, construida recientemente, puede permitir que siga operando al dar mantenimiento a una de las líneas antiguas.

El caudal del sistema ingresa al Valle de México (túnel Analco San José) y se divide hacia tanques de regulación en el poniente del estado de México y la Ciudad de México. Las obras para conducir una parte

¹⁵ La seguridad hídrica puede definirse como la provisión confiable de agua cuantitativa y cualitativamente aceptable para la salud, la producción de bienes y servicios y los medios de subsistencia, junto

con un nivel aceptable de riesgos relacionados con el agua. (Grey y Sadoff 2007 en TEC n 14 (GWP 2010)).

del caudal hacia el oriente de la ZMVM no se han completado para distribuir el caudal de las fuentes que ingresan por el poniente.

También deben considerarse los problemas recurrentes de fallas en el suministro de agua por interrupción del suministro de energía. En el caso de los pozos que operan los organismos municipales, con frecuencia se limita el suministro de agua por falta de equipos de repuesto. Las plantas de emergencia y equipos de repuesto son indispensables para el buen funcionamiento de la infraestructura.

Ante la situación actual del sistema de abastecimiento podría afirmarse que existe una muy limitada resiliencia en el sistema hidráulico del Valle de México y prácticamente nula respecto a posibles colapsos de las fuentes externas.

Aprovechamiento eficiente del agua disponible en el Valle de México

Aun cuando el Valle de México registra una muy elevada presión sobre el recurso, existe todavía un amplio margen para mejorar la eficiencia de su aprovechamiento, recuperar pérdidas y aprovechar mejor el agua disponible en la cuenca. Pero es necesario reconocer que las políticas públicas respecto del recurso y su aprovechamiento, así como las medidas en el sistema tarifario y de subsidios a los usuarios urbanos y agrícolas, no promueven mayor racionalidad en el consumo. Tampoco se ha logrado una integración de las políticas hídricas y energéticas para una gestión más eficiente.

Se han estudiado en la práctica, algunos esquemas que conviene actualizar, para lograr el aprovechamiento de una parte de los escurrimientos pluviales de las cuencas denominadas Ciudad de México y Río Cuautitlán, que representan, conjuntamente, el 92% de la disponibilidad de agua superficial en la cuenca.

Una parte de este aprovechamiento puede lograrse incrementando el volumen almacenado en la presa

Madín y utilizando el escurrimiento que llega a la presa Guadalupe, sobre el río Cuautitlán. Otra parte puede lograrse con el agua que se almacena en la laguna de Zumpango. En los últimos dos casos, el agua superficial está comprometida para riego agrícola.

Ocurre lo mismo con la presa La Concepción que beneficia al Distrito de Riego No. 073, del mismo nombre. Buena parte de estas zonas de riego se han urbanizado y no utilizan todo el volumen concesionado. Sin embargo, la filosofía del programa propuesto no es cancelar áreas de riego en la cuenca sino sustituir su fuente actual por agua residual tratada. El volumen de escurrimiento superficial aprovechable, es del orden de 20-23 hm³ en la presa Guadalupe y 40-45 hm³ en Zumpango.

4. CALIDAD DEL AGUA y REÚSO

Agua potable

El tema de la calidad del agua potable, en todo el país y en el Valle de México no ha podido resolverse plenamente aun cuando existen normas de salud específicas y procesos de potabilización-desinfección que permiten garantizar su calidad. El problema de las fugas, tanto en la red de distribución como de drenaje, que se combinan con los tandeos, durante los cuales las líneas de agua potable no están presurizadas, provocan los denominados *corto circuitos* que se producen al filtrarse las aguas residuales presente en las zanjas y en las tuberías de agua potable. Otros problemas como la falta de limpieza frecuente de cisternas y tinacos agregan factores de riesgo a la calidad del agua. El hecho es que la población desconfía de la calidad del agua que recibe de la red de distribución y utiliza filtros o agua embotellada para beber y cocinar, con el consecuente impacto en las finanzas familiares.

Un aspecto complementario lo constituye el hecho de que en la ZMVM la extracción de agua subterránea se hace a mayores profundidades, donde se aprovechan aguas fósiles con mayor

contenido de sales y, en la zona oriente, con otros contaminantes difíciles y costosos de remover.

Agua residual

La contaminación del agua, en particular en el Valle de México, es producida por los desechos municipales e industriales que se vierten tanto a los colectores como a los cauces, sin tratamiento previo, y por la basura que también se arroja a los cauces o es arrastrada por las lluvias hacia estos. La deforestación y erosión del suelo en la cuenca generan arrastre de sedimentos que, junto con la basura, obligan a desazolver los colectores y las presas de control de avenidas, continuamente.

La población asentada irregularmente en las zonas federales de los cauces descarga sus aguas residuales y la basura en forma directa a los cuerpos de agua sin control alguno. Tampoco se sanciona a la población que tira basura en la vía pública o a los cauces, o que vierte agua de desecho altamente contaminante como aceites usados, pinturas, etc. La normativa para el pretratamiento de las descargas industriales y de giros comerciales contaminantes frecuentemente no se aplica.

La basura, en general, no es sujeta a la normativa de procesamiento integral y, después de la pepena, es llevada a rellenos sanitarios que, en general, no reúnen las características técnicas necesarias y los lixiviados que allí se producen son contaminantes potenciales de los acuíferos.

Respecto del vertido de aguas residuales de los municipios y alcaldías, y de la recolección y manejo de los desechos sólidos, las normas oficiales se han revisado recientemente y son más estrictas para el cuidado de la salud y del medio ambiente. Hay que reconocer que las normas anteriores, más laxas, no se cumplían plenamente.

Las obras necesarias para captar las descargas antes de que lleguen a los cauces presentan problemas de derechos de vía porque las viviendas ubicadas a lo largo de los cauces, en muchos casos, han invadido la zona federal. También hay dificultad

para conseguir predios donde edificar plantas de tratamiento. En muchos casos la mejor opción es llevar los colectores a un emisor principal y conducir el agua captada en más de una subcuenca hacia una planta de mayor capacidad.

Reúso del agua

El tema del reúso del agua en la cuenca corre en paralelo con el del control de la contaminación. El gobierno ha financiado plantas de tratamiento, sin considerar que para que exista un interés por utilizar el agua tratada hace falta que existan estímulos como el costo y la garantía del caudal y calidad del agua producida. El costo de las instalaciones de manejo, tratamiento, regulación, conducción y distribución del agua tratada, superan considerablemente el costo de extracción del agua subterránea, que en este caso es la que tiene los estímulos, -principalmente para uso agropecuario, y, aun si el agua tratada se entrega sin costo a los usuarios, estos consideran que no cumple con la calidad y continuidad necesarias. De hecho, uno de los problemas es que las plantas de tratamiento están diseñadas para tratar agua residual doméstica, pero no eliminan otras sustancias tóxicas que están presentes en el drenaje debido a que, como se señala, las descargas industriales no cumplen con el pretratamiento.

La mayor parte de la escasa capacidad instalada de tratamiento en plantas de la CDMX, que, en su mayoría, tienen más de 40 años en operación, se utiliza para riego de áreas verdes y llenado de lagos, o en zonas industriales y plantas termoeléctricas.

En la CDMX existen más de 250 plantas de tratamiento de usuarios industriales y comerciales que descargan el agua tratada a la red de alcantarillado, misma que podría ser aprovechada para el reúso de áreas verdes, por ejemplo.

Recientemente se construyó la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco de Tula, con capacidad para tratar 23 m³/s en su proceso convencional y 35 m³/s en su proceso químico. Las aguas tratadas se descargan para uso en la agricultura de zonas de riego en la cuenca del

río Tula, Hidalgo. Sin embargo, hay reticencia al uso del agua tratada porque muchos agricultores estaban acostumbrados a regar con agua que contenía nutrientes que se eliminan en el proceso de tratamiento.

El reúso del agua en el Valle de México, incluido el de aguas residuales crudas, atiende solamente el 7% de la demanda de agua.

Las políticas públicas para impulsar el control de la contaminación y el saneamiento no han funcionado en el Valle de México. Es responsabilidad de los tres órdenes de gobierno, pero ha existido un exceso de tolerancia en el ejercicio de sus responsabilidades legales.

Existe un gran potencial de reúso por aprovechar si se otorgaran los estímulos necesarios y se controlara la extracción de agua subterránea. La experiencia internacional muestra que el reúso de agua tratada requiere estímulos y condiciones que lo vuelvan atractivo. El principal incentivo es el costo, cuando existe una fuente alternativa.

El Reúso Potable

Un ejemplo que conviene destacar es el de Singapur. El reúso del agua se constituyó en un componente crítico en la estrategia para el uso sustentable del agua. En 2003 se implantó el reciclaje de agua de alto grado de calidad (NEWater) con purificación a base de rigurosos procesos de ultrafiltración, microfiltración, ósmosis inversa y desinfección con luz ultravioleta. NEWater es usada para uso potable indirecto.

En el Compendio sobre Reúso Potable de la Agencia de Protección Ambiental estadounidense, se señalan las condiciones que justifican el uso potable indirecto y la de uso potable directo (que ya se emplea en un número creciente de regiones y ciudades en el mundo), de las cuales, el Valle de México cumple adecuadamente.

El rezago existente en saneamiento deberá ocupar un lugar prominente en la agenda del gobierno durante los próximos años. Resulta inaceptable el impacto de agua residual escurriendo por cauces

naturales y artificiales sin algún tratamiento. Es necesario desarrollar tecnologías específicas para el Valle de México que favorezcan, al mismo tiempo, el tratamiento del agua, el reúso indirecto, eventualmente el directo, y la infiltración en beneficio del acuífero. Desarrollar sistemas de tratamiento que aprovechen cañadas, vasos de las presas, lagunas y ciénegas del sur, con pozos de infiltración que cuenten con sistemas de desazolve a los que viertan las aguas tratadas y filtradas para impedir la colmatación.

5. EL APROVECHAMIENTO Y DESALOJO DE AGUAS PLUVIALES

Las características fisiográficas y meteorológicas de la cuenca, en combinación con su urbanización, con su alta densidad en construcciones, el exceso de pavimento asfáltico en calles y avenidas, la escasez de áreas verdes y la impermeabilidad de los suelos, provocan una gran acumulación de volúmenes de agua de lluvia, principalmente en las zonas planas, donde anteriormente existían los antiguos lagos del Valle de México.

El hundimiento diferencial provocado por la sobreexplotación de acuíferos es otra causa de que en la zona centro y oriente del valle se presenten tirantes que dificultan la circulación de las personas y de vehículos.

Lo anterior ha sido la razón por la que se decidió contar con un sistema de drenaje profundo con túneles para el desalojo de las aguas pluviales.

El manejo del denominado Sistema de Drenaje del Valle de México, que incluye la operación de presas, vasos reguladores, cauces naturales, colectores, túneles y plantas de bombeo, enfrenta continuamente el problema de los asentamientos humanos en cauces y barrancas, la interferencia de la basura con los mecanismos de operación de compuertas y rejillas de los sistemas de bombeo, así como las tormentas y trombas que se concentran en períodos cada vez más reducidos, además de los

hundimientos provocados por la sobreexplotación del acuífero del Valle.

El sistema cuenta con 22 presas de regulación en los cauces del poniente y vasos reguladores en el oriente que necesitan desazolvarse periódicamente. También requieren modernizar e instrumentar su operación, incluyendo la construcción de pozos de infiltración que aprovechen la carga hidráulica. Otro tema prioritario es el impulsar un programa para desplazar a las viviendas que se han ido asentado alrededor de los vasos de regulación.

Las obras desarrolladas a lo largo de la historia para controlar inundaciones dan testimonio de la magnitud del problema actual, desde los albarrones prehispánicos; el Tajo de Nochistongo - que abrió la cuenca hacia el río Tula y el Golfo de México-; el Gran Canal del Desagüe, que perdió gran parte de su funcionalidad por los hundimientos en la zona urbana; el Interceptor y emisor del Poniente, para desalojar parcialmente los caudales de los ríos del poniente; el Sistema de Drenaje Profundo que sigue en desarrollo y; el Túnel Emisor Oriente (TEO), que supera los 300 m³/s de capacidad, para desalojo de las tormentas hacia la cuenca del río Tula.

Pero las grandes obras de infraestructura no son suficientes, se deben complementar con colectores y plantas de bombeo para hacer llegar el agua a esos grandes conductos, debido a que los colectores han perdido pendiente o se azolvan con la basura.

Por otra parte, la cuenca carece de suficiente capacidad de regulación para esas tormentas y, ante los daños que ocasionan, la solución ha sido desalojarlas lo antes posible. Debido a que la mayor parte de los escurrimientos pluviales se producen durante esas tormentas, su aprovechamiento se ha complicado, adicionalmente, porque el sistema de drenaje de la ciudad combina aguas pluviales y residuales y no se ha logrado separar el drenaje sanitario para su tratamiento, antes de mezclarse con el agua de lluvia.

Lo anterior, dificulta la posibilidad de reúso, previo tratamiento, durante la época de lluvias. El manejar

ambos tipos de agua ocasiona que durante dicha época solo se trate el caudal de diseño de las plantas de tratamiento, el volumen excedente se siga conduciendo por los colectores y red principal de drenaje hasta su salida del Valle de México.

Otro problema asociado al tipo de drenaje combinado con que cuenta la ZMVM se refiere al hecho de que, al estar diseñado para agua pluvial, durante el estiaje el gasto de agua residual sea muy pequeño y por consiguiente las velocidades también, lo que propicia el azolve en las tuberías y en algunos casos la consolidación de éste. Este fenómeno se agrava por los hundimientos diferenciales del suelo que ocasiona contrapendientes, de tal manera que durante esta época se tienen tirantes altos permanentes con altas cargas orgánicas de las aguas residuales en las tuberías que propician la generación de ácido sulfhídrico el cual ataca el concreto y corroe al acero de refuerzo, reduciendo su vida útil, además de que eventualmente se puede provocar el colapso de los conductos, empezando por la clave de éstos.

En la posibilidad de regulación y aprovechamiento de las aguas pluviales, la infraestructura verde puede constituirse como una alternativa conveniente a nivel local, soluciones que aprovechen los camellones, parques e infraestructura urbana, en zonas verdes amplias como los parques de diversiones, y las zonas de conservación propiamente ubicadas en las montañas. De esa manera se fomentará la regulación de volúmenes de lluvia y eventualmente la recarga del acuífero.

Aprovechamiento de escurrimientos y agua de lluvia

Se ha pospuesto el desarrollo de sistemas de regulación, tratamiento, conducción y reúso del agua, que aseguren nuevos caudales de abastecimiento a la metrópoli, rescatados de los volúmenes que se descargan hacia afuera de la cuenca. En cambio, se ha dado prioridad a las fuentes distantes, con sus costos en energía, e impactos sociales, económicos y ambientales.

Una de las prácticas que cobra cada vez mayor fuerza como medida para conservar los recursos hídricos y mitigar la escasez de agua es la cosecha de lluvia.

En el Valle de México, en específico la Ciudad de México inició en el año 2019 el programa de Sistema de Capitación de Agua de Lluvia (SCALL), actualmente opera en las 16 alcaldías y 10 municipios del Estado de México.

Al año 2022, se habían beneficiado a cerca de 52 mil hogares, de acuerdo con la evaluación interna de este programa, en ese mismo año, se reportó en promedio 10.1 m³ al año de agua aprovechados por vivienda.

Las alcaldías beneficiadas son Milpa Alta, Iztapalapa, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco, en ese orden, son demarcaciones que reciben el servicio de agua potable vía pipas y de manera intermitente (tandeos).

Si bien, el caudal captado en un año por el total de beneficiados del programa (525,720 m³), pudieran parecer poco, el potencial anual de cosecha de lluvia en la Ciudad puede alcanzar los 106,505,536 m³ (de acuerdo con cifras de SACMEX), lo que representaría el 26% en la reducción de la extracción del acuífero.

6. LA GESTIÓN DEL AGUA EN EL VALLE DE MÉXICO

En el Valle de México no se han perfeccionado mecanismos institucionales claros y eficaces que permitan planear el desarrollo urbano y coordinar los servicios urbanos, incluida la infraestructura. Este contexto erosiona la productividad económica, la sustentabilidad ambiental y, en general, la habitabilidad de la región.

El gran número de actores administrativos aumenta el grado de complejidad de la labor de diseño e implementación de políticas públicas que demandan coordinación y esto puede obstaculizar el

funcionamiento de la infraestructura. El problema se agrava por la falta de marcos de planeación regional estratégica que apliquen a escala metropolitana y con suficiente respaldo financiero.

En la Ciudad de México, la gestión hídrica inicio en 1933 con la creación de la Dirección General de Agua y Saneamiento (DGAS). Posteriormente, en 1953, se creó la Dirección General de Obras Hidráulicas (DGOH). Mismas que se fusionaron en 1978 para formar la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGOH). En 2001, se decretó la creación del Organismo Público Descentralizado Sistema de Aguas de la Ciudad de México; y en 2005, se le dio el carácter de Órgano Desconcentrado; encargado de operar la infraestructura hidráulica y brindar la prestación del servicio público de agua potable, drenaje, y alcantarillado, así como el tratamiento y el reúso de aguas residuales a toda la Ciudad de México. A nivel local, en la Ciudad de México, las alcaldías también intervienen en la dotación de los servicios, principalmente con el manejo, sustitución y rehabilitación de las redes secundarias de agua y drenaje, y con el control de los usuarios en cada demarcación. En el año 2024 se crea la Secretaría de Gestión Integral de Agua de la CDMX y retoma las funciones del SACMEX. La Secretaría tiene como propósito mejorar el aprovechamiento del agua de lluvia para captar, almacenar, potabilizar y regresar el agua para regenerar los lagos; continuar el sistema de cosecha de agua de lluvia en casas y grandes instalaciones, inyectar agua del acuífero, además de operar nuevas plantas de tratamiento. Además de crear el C5 del agua, un centro de control y gestión integral, creación de las contralorías sociales e instalación de un gabinete de agua.

En el Estado de México, en marzo de 1971 se creó la Comisión de Agua y Saneamiento para tratar todo lo relacionado con el tema del agua en dicha Entidad. Posteriormente, en 1974 se creó el Organismo Público Descentralizado denominado Comisión Estatal de Agua y Saneamiento. En 1992, se creó la Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica; más tarde, en 1999 se fusionaron la Subsecretaria de

Infraestructura Hidráulica y la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento dando origen a la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM). En el año 2023 se crea la Secretaría del Agua en el Estado de México y retoma las funciones de la CAEM. La Secretaría se encarga de planear, formular, conducir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar las políticas, programas y acciones relacionadas con los recursos hídricos del Estado, así como los servicios y obras que se requieran para su explotación, uso, aprovechamiento, administración, control y suministro, al igual que su tratamiento, reúso y disposición final.

La normatividad actual establece que corresponde al Gobierno Federal la custodia y preservación de las aguas nacionales, en cantidad y calidad, a través de la CONAGUA; al ámbito municipal, de manera directa o a través de terceros, la provisión de los servicios de agua y saneamiento, incluyendo su reúso; al ámbito estatal, en términos del artículo 115 constitucional, la responsabilidad de los servicios municipales cuando el municipio no tenga la capacidad de hacerlo. El desalojo de aguas pluviales lo realizan en la medida de sus posibilidades los municipios, pero la federación interviene con el programa de protección a centros de población.

Existen mecanismos para establecer acuerdos de coordinación entre los tres órdenes de gobierno, como el Protocolo para la operación del Drenaje Pluvial del Valle de México; también se dispone del Fideicomiso 1928 para utilizar los recursos que las entidades pagan por el agua en bloque que proporciona la federación, para el desarrollo de infraestructura de beneficio común.

Los mecanismos de coordinación en los diferentes aspectos de gestión del recurso han tenido resultados positivos; sin embargo, descansan en gran medida en un esquema de subsidios, en el cual el mayor peso de las erogaciones en materia de inversión y operación proviene de recursos del presupuesto federal, ya sea en forma directa o como afectación a participaciones.

Las prioridades que impone la operación de los sistemas, así como la atención de emergencias -- sismos, sequías inundaciones- han agudizado las restricciones presupuestales y obligado a posponer programas de acciones de mediano y largo plazo, como las que se requieren en el Valle de México. Al respecto es necesario insistir en que, en años recientes, un factor determinante ha sido la reducción progresiva del presupuesto asignado al sector agua, para servicios de agua y saneamiento, en el PEF.

La experiencia muestra que las instituciones pueden estar sujetas a reorientaciones con los cambios de administración. Por esa razón, es conveniente que la sociedad civil asuma un papel más relevante en el seguimiento y adecuaciones del programa por una parte y, por la otra, como un auditor del proceso.

Es necesario dar más espacio a la sociedad civil para que se conduzca como una conciencia social de los responsables institucionales de los servicios y del manejo de la cuenca, a fin de que no se difieran acciones que deben iniciarse ya y mantenerlas de manera continua.

Se ha creado la figura de los Consejos de Cuenca que reúne a las autoridades encargadas del manejo del agua con los usuarios, pero quedan por madurar temas como:

- La posibilidad de integrar a organizaciones de ambientalistas, de productores rurales, universidades y centros de investigación. Definir criterios y requisitos en su caso.
- La conveniencia de que el Consejo participe en la formulación de los programas de inversión vinculados con la gestión hídrica de estados y municipios y no sólo en la sanción del programa hídrico de la cuenca. El consejo debe verificar que las inversiones correspondan con lo acordado en el programa regional.
- La participación de las comisiones de asuntos hídricos o hidráulicos de los congresos.

- La conveniencia de que cuenten con una estructura operativa autónoma, y un presupuesto definido con un porcentaje de la recaudación de derechos de agua, que es necesario evaluar y determinar.
- La conveniencia de que el consejo no sea presidido por la autoridad.

Hay un largo tramo por recorrer para transitar de la situación actual a una gestión integrada de la cuenca.

7. EL ECOSISTEMA FRENTE AL CRECIMIENTO URBANO EXPANSIVO Y ANÁRQUICO

Hace alrededor de 600 mil años, el Valle de México drenaba hacia el océano Pacífico. El vulcanismo la convirtió en una cuenca cerrada que dio origen a un gran lago. Las crónicas más antiguas lo describen como un mar rodeado de montañas. Posteriormente la región ha sufrido cambios hechos por la civilización que han repercutido sobre el ciclo hidrológico y todo su ecosistema. Este proceso es, sin duda, la causa de una buena parte de los problemas y retos que enfrenta el agua en la Cuenca.

El Valle de México constituye una porción única del país y del planeta. Ninguna otra Región ha concentrado una población que rebasa ya los 22 millones de habitantes – superior a la población de la mayor parte de los países latinoamericanos – a más de 2 mil 200 metros de altitud, en una zona de alta sismicidad, en el lecho y las riberas de lo que fue un gran sistema lacustre.

A partir del siglo pasado la metrópoli desbordó el valle y comenzó a poblar las laderas, a ocupar las zonas de recarga del acuífero, los ríos se entubaron para utilizarse como obras de drenaje pluvial y sanitario y, hace algunas décadas, comenzó a dispersarse, ocupando tierra y aguas de riego en un

proceso por el cual, la superficie urbana crece 3 veces más rápido que la población.

Esta limitante que presenta en la actualidad el sistema de agua en la ZMVM, derivado de la desarticulación entre la planeación urbana y la hídrica, es algo que es necesario evitar en el futuro si se desea lograr un manejo más eficiente de los recursos hídricos y financieros en el sistema urbano. Es indispensable establecer fronteras al crecimiento de la metrópoli y asegurar que se respeten. La planeación del uso del suelo, proyectos de redensificación, centros comerciales y de negocios, áreas verdes y todo el sistema de movilidad, deben considerar las restricciones que imponen el ecosistema y el sistema hidráulico. No es conveniente que se sigan perforando pozos para nuevos desarrollos.

Es probable, con la inercia, que el crecimiento futuro se dé llenando los espacios rurales que han quedado vacíos, lo cual significaría seguir desarrollando áreas urbanas en zonas agrícolas, en zonas de recarga del acuífero, en los piamontes, hacia las cuales serían desplazados los nuevos inmigrantes, para continuar con el modelo de urbanización precaria y la discriminación urbana que ha prevalecido. Es necesario reconocer esta problemática y buscar que las autoridades correspondientes actúen de manera coordinada.

Por un lado, están las autoridades ambientales que definen criterios y establecen áreas naturales protegidas y zonas de reserva, acuerdan sitios RAMSAR en humedales y lagunas, promueven manejo y restauración de cuencas, reforestación, distribuyen pagos por servicios ambientales, promueven leyes, normas y límites al crecimiento de la mancha urbana.

Por otro lado, las autoridades locales que interpretan las facultades que la Ley les atribuye y autorizan los nuevos desarrollos sobre esas áreas “protegidas”, muchas veces sin haber analizado la posibilidad de dotarlos con servicios.

Desde el punto de vista del agua, todas las áreas que conforman el Valle tienen acceso a sus aguas subterráneas. En teoría, solo hay que bombearla y entubarla; finalmente, está a unos metros de profundidad. Al no existir un ordenamiento territorial, esa es la razón que ha permitido el desarrollo de esas islas urbanas inconexas.

El discurso relativo al ordenamiento territorial y las leyes respectivas, han sido sistemáticamente vulnerados por los intereses particulares y la falta de coordinación entre sectores de gobierno y sociedad. institucional y socio económico que ha prevalecido. Este patrón de urbanización dificulta y encarece la infraestructura básica y la dotación de servicios, además de desquiciar el ecosistema y transformar el medio ambiente en paisajes surreales, lo mismo en zonas de elevado nivel socioeconómico que en las zonas marginales de la periferia.

Un severo problema adicional que afecta la cuenca es la contaminación en general y, en particular, la gran aportación de contaminantes de las zonas urbanas.

Deforestación, erosión, contaminación, inundaciones, sobreexplotación, y una ausencia casi total del ordenamiento del territorio y gestión de esa problemática, constituyen los indicadores ambientales del Valle de México, que nos ubican lejos de los acuerdos para reducir la huella de carbono de la cuenca.

La pregunta es si hay otro modelo y cómo impulsarlo.

Los servicios ecosistémicos

La cultura del agua se ha promovido aisladamente, sin reconocer que forma parte de un ecosistema en el que conviven, dentro de la cuenca: el bosque, las áreas verdes, las zonas agrícolas, las chinampas, los

escasos cuerpos de agua, arroyos, manantiales, el acuífero y sus zonas de recarga, todos tan importantes como el agua entubada.

El modelo a promover en la cultura social del tercer milenio deberá considerar todo lo que no se ha hecho hasta ahora para restaurar, respetar y cuidar los servicios que proporciona la naturaleza, entre ellos el agua.

La pérdida de enormes áreas de bosque en el Valle de México afecta su vital funcionamiento, pues estos ecosistemas prestan valiosos servicios ambientales; intervienen en el ciclo del agua, evitan la erosión de los suelos, son valiosos productores de oxígeno, juegan un importante papel en la regulación del clima y en la captación de carbono atmosférico.

En la Ciudad de México el área urbana ocupa el 40% de su territorio, mientras que casi el 60% es zona rural o "Suelo de Conservación", el cual está ubicado fundamentalmente al sur de la Ciudad (SMA, 2002).

La ZMVM no será un sistema sostenible sin los servicios ambientales que brindan las áreas verdes (AV) y sus bosques urbanos, las áreas de alto valor ambiental (AVA) y el suelo de conservación (SC) que a su vez alberga múltiples Áreas Naturales Protegidas (ANP).

Si bien, el caudal captado en un año por el total de beneficiados del programa de Sistema de Capitación de Agua de Lluvia (SCALL) impulsado por el gobierno de la CDMX (525,000 m³), pudieran parecer poco en comparación con los volúmenes que requiere la población de la cuenca 66 m³ por segundo; conforme se incremente los usuarios, se obtendrán cada vez un mayor caudal aprovechado.

TERCERA PARTE

UN FUTURO DESEABLE

8. HACIA UN ESCENARIO QUE CONTRIBUYA A LA SEGURIDAD HÍDRICA

En los apartados anteriores se ha mostrado la complejidad del sistema hídrico del Valle de México. En tal condición, la sostenibilidad del acuífero se logrará sólo si se atienden factores técnicos, económicos, ambientales y sociales.

A continuación, se describe una solución eminentemente técnica que busca el equilibrio de los acuíferos de Valle de México, como un ejercicio para ver cuáles son los componentes más relevantes, y en función de los resultados, identificar las áreas que requieren de estudios de mayor profundidad, como el agua para consumo humano derivada de reuso indirecto y directo, y también los temas que se deberán llevar a consulta con los usuarios.

El planteamiento de escenarios es un instrumento de planeación que puede identificar ventajas y desventajas de alternativas para su posterior estudio detallado.

Escenario de instrumentación de acciones locales, incluyendo uso público indirecto de Laguna de Zumpango

En el escenario que se plantea a continuación se parte de la hipótesis de que es posible atender la demanda actual y futura de agua sin que sea necesario recurrir a fuentes externas adicionales, sólo con acciones locales para hacer eficiente el aprovechamiento del agua. Desde luego, esto implica una serie de cambios en la infraestructura, regulación del uso del agua, coordinación institucional y una actitud colaborativa de la sociedad. Implican un nuevo paradigma que busca

usar el agua de manera eficiente con la tecnología disponible y con la participación de la sociedad.

Algunos cambios se pueden dar en el corto plazo, pero otros que implican modificaciones de patrones de consumo requerirán de espacios de diálogo y de concientización a los diferentes usuarios que tradicionalmente se han beneficiado de bajas tarifas, pero que también han sido afectados por la mala calidad de los servicios, inundaciones y escasez.

En este apartado se presentan los resultados de un ejercicio basado en la información disponible, con el empleo de un modelo de simulación del Valle de México¹⁶

Demanda futura de agua

Se prevé que la demanda de agua se incrementará ante el crecimiento de la población que para el año 2050 se estima en alrededor de 24.4 millones de habitantes en el Valle de México. En la hipótesis de crecimiento se tendrán los mayores aumentos en los municipios del Estado de México. También se prevé un incremento en la demanda de agua para la industria y para otros usos; no así para la agricultura que tenderá a minimizarse.

La oferta

En el Capítulo 3 se describen con detalle las fuentes de abastecimiento de agua para todos los usos del Valle de México. En el cuadro siguiente se presentan en forma resumida los valores de las diferentes fuentes en la actualidad.

Fuentes	Usos (hm ³ /año)
---------	-----------------------------

¹⁶ Modelo de simulación en la plataforma de Powersim 10. Se simula un período de 35 años de 2015 a 2050.

	Agua Potable	Industrial	Agrícola	Público	Total
<i>Fuentes primarias</i>					
Agua superficial	91		91		181
Agua subterránea sustentable	1480	247	303		1177
Minado					
<i>Fuentes externas</i>					
Cutzamala	359				359
Lema	151				151
Subtotal fuentes primarias	2,081	247	393		2,721
<i>Reúso</i>					
Agua Tratada		76		145	221
Agua Cruda			47		47
Subtotal Reúso		76	47	145	268
Oferta total	2,081	323	440	145	2,989

En las hipótesis para lograr satisfacer las demandas con las fuentes actuales se consideran:

1. Aumento paulatino de la eficiencia física a 70%.
2. Disminución paulatina de la demanda de agua del uso público, al tiempo que se distribuye más equitativamente. Se plantea un consumo en toma de 150 lhd.
3. Disminución paulatina de la superficie agrícola irrigada
4. Recarga artificial de agua pluvial o residual tratada, de 1 m3/s.
5. Optimización de la operación del sistema Cutzamala, para aumentar el suministro en 4 m3/s.
6. Ejecución del proyecto de la presa Guadalupe, para adicionar un suministro de 1.8 m3/s
7. Cancelación de los volúmenes bombeados con el sistema PAI.
8. Ejecución del proyecto Atotonilco-Zumpango para incorporar a los sistemas de distribución de

agua para uso público urbano un caudal de 3.5 m3/s de agua residual tratada, almacenada en la laguna de Zumpango y potabilizada con una planta que se ubicará ahí mismo.

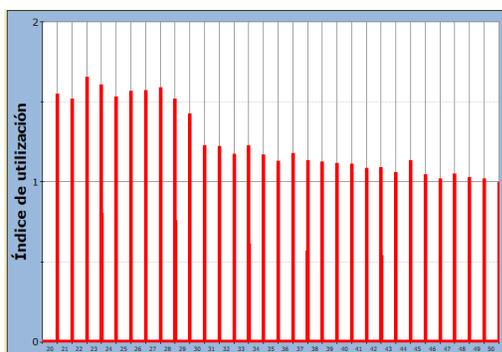
9. Ejecución del proyecto de la Laguna de Xico, para incorporar un caudal de 0.4 m3/s.

Simulación de escenarios

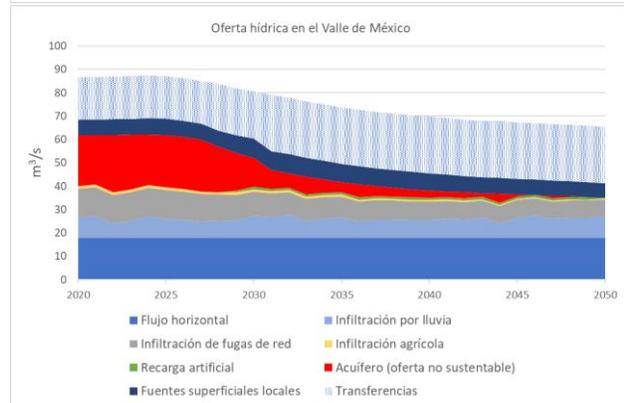
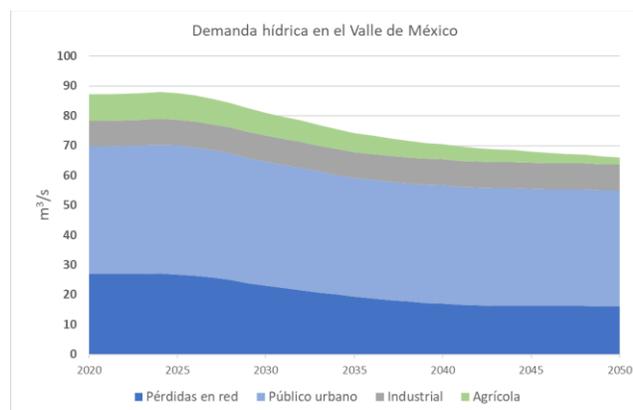
Estas acciones básicas han sido analizadas con el modelo de simulación dinámica que considera centros de demanda de agua por usos en cada demarcación (alcaldía o municipio), población actual y crecimiento probable (INEGI-CONAPO), dotación, eficiencia en redes, el acuífero con sus fuentes de recarga y fuentes superficiales locales y externas que se utilizan, y el impacto progresivo de las acciones descritas sobre la demanda de agua de cada fuente, incluyendo el reúso de agua tratada.

En las gráficas que aparecen a continuación se observan los acuíferos que inciden en el suministro de agua a la mayoría de los usuarios; las dos primeras gráficas representan las condiciones de sobreexplotación antes y después de aplicar las medidas locales. Para cada año, una línea vertical en las gráficas representa el cociente entre la extracción y la recarga; valores arriba de uno indican sobreexplotación. Se puede ver que con las acciones propuestas se logra prácticamente el equilibrio en los cuatro acuíferos en contraste con la situación actual. El impacto de las principales acciones propuestas, algunas ya en ejecución como el incremento de eficiencias en redes, permiten que todos los acuíferos se aproximen al equilibrio en la primera década.

En las siguientes gráficas se indica el comportamiento de la oferta de agua la integran: en aguas subterráneas, el flujo horizontal y la infiltración por lluvia y la infiltración agrícola; las fugas en la red, la transferencia de agua y el agua sobreexplotada del acuífero. En la figura a) con acciones propuestas se observa la disminución notable en el volumen de sobreexplotación.



a) Con las acciones propuestas



El resultado

En esas condiciones, se lograría que al año 2050 se redujera la sobreexplotación y se atendieran todas las

demandas previstas. Al mismo tiempo se estaría contribuyendo a reducir el hundimiento generado por la extracción de agua subterránea. En este escenario, los ajustes en la infraestructura correspondientes a las cuatro primeras líneas de las hipótesis se ven muy factibles con presupuestos asequibles; las siguientes actividades tienen un mayor grado de dificultad y requieren de la aprobación de los diferentes usuarios. Así, mejorar la eficiencia supone la sustitución de redes y la sectorización de actividades que si bien se desarrollan en la Ciudad de México, no sucede lo mismo en los municipios del Estado de México o al menos no con la misma velocidad; la infiltración requiere de proyectos e inversiones para acondicionar los terrenos o para la construcción de pozos, además de la infraestructura de tratamiento de las aguas residuales que cumplan con la norma para infiltración; el uso de agua tratada en la industria requiere de contar con instalaciones confiables para garantizar el agua en cantidad y calidad; la reducción del agua para la agricultura requerirá de un largo proceso de convencimiento y seguramente de inversión para poder contar con el agua de sus concesiones; finalmente, la reducción del consumo público urbano en las zonas con mayor consumo actual significa un sacrificio para la población que tiene patrones de consumo altos que beneficiaría a la población que no cuenta con agua en forma continua.

La inversión y los costos de operación y mantenimiento, para el aprovisionamiento de agua, necesarios para el escenario de acciones locales, asciende al orden de 35,000 millones de pesos anuales. A estos costos habría que añadir los relativos a la distribución del agua, su recolección, desalojo y tratamiento. Se suma a lo anterior el costo de la restauración de la cuenca.

Todas las medidas propuestas contribuyen adicionalmente a reducir el consumo de energía y los impactos al ecosistema de la cuenca, así como a reducir la huella de carbono.

En caso de que alguna de las medidas mencionadas no se lograra o lo hiciera en forma parcial, se puede recurrir a un mayor aprovechamiento de agua

superficial en las cuencas del poniente, a un programa amplio de infraestructura verde y la potabilización directa o indirecta de agua residual, tema que sería motivo de grandes debates. Es probable que se recurra a todas las medidas antes descritas.

Una iniciativa de esta naturaleza para disminuir la sobreexplotación y el hundimiento requiere de programas en todo el Valle de México, con recursos oportunos y sobre todo con una estrecha coordinación entre las entidades.

Los trasvases. Un posible umbral

Se han estudiado alternativas de nueva infraestructura para abastecer al Valle de México que implican la importación de agua de otras cuencas lo cual va a ser cada día más costoso en energía y, sobre todo, en medidas para contener las reacciones y enfrentar la resistencia de la población en las cuencas de origen, que va a dar lugar a costos colaterales en obras y acciones compensatorias.

Respecto al costo de la energía en nuevas fuentes, es posible establecer un umbral que estaría definido por la energía necesaria para potabilizar aguas residuales crudas en el Valle de México. Un valor sugerido para este umbral es el consumo de energía para desalación de agua marina, considerando que se requiere menos energía utilizando membranas para ultra filtrar agua residual, después de los procesos necesarios de acondicionamiento (arena y antracita, carbón activado y prefiltración).

Entonces, el consumo de energía debe limitarse a 3.5 kwh/m³. Este consumo unitario equivale a un bombeo de 700 metros. Sobre esas bases, cualquier fuente que requiera un bombeo equivalente mayor de esa cifra no compite con el reúso potable directo y menos con el indirecto.

En seguida se presentan dos alternativas que cumplirían con esta condición.

El Mezquital

El proyecto consiste en la construcción de un sistema de pozos, un acueducto y planta potabilizadora con una capacidad de 4.8 m³/s.

Aprovechar el acuífero del Valle del Mezquital [7] que se encuadra en la economía circular, ya que se trata, a fin de cuentas, de un reciclaje; menor desnivel neto entre ambas cuencas ya que el trazo estudiado requiere un bombeo de 400 metros para alimentar un tanque en la cota 2,400 msnm que permite dominar la red urbana; e ingresaría por el oriente a la ZMVM, lo cual contribuye a mejorar la capacidad de distribución.

Entre las posibles desventajas está la necesidad aparente de utilizar un sistema de potabilización avanzada para asegurar la calidad potable del agua extraída. Esto incrementaría en forma considerable los requerimientos de energía (>3.5 kwh/m³); además, el hecho de estar asociado con las zonas agrícolas del Distrito de Riego No. 003, haría necesario realizar importantes acciones compensatorias para que el sistema no sufra interrupciones.

Tecolutla

Aprovechar el agua de las presas del Sistema Hidroeléctrico Necaxa tiene la ventaja, si se aprovecha la primera fase, que es el menor desnivel neto entre ambas cuencas. El trazo estudiado requiere la conexión de las Presas La Laguna y Los Reyes para vencer una carga de 367 metros hasta conectarse con el Tanque Chiconautla. Tendría un caudal aprovechable de 4.1 m³/s. También tiene la ventaja de ingresar por el oriente a la ZMVM, lo cual contribuye a mejorar la capacidad de distribución en una de las zonas más desfavorecidas.

La principal desventaja es la afectación del sistema hidroeléctrico, además de los posibles conflictos sociales que surjan con los usuarios que se benefician actualmente del Sistema Hidroeléctrico.

Otros proyectos

El acuífero profundo.

Con el propósito de asegurar la sustentabilidad hídrica, uno de los objetivos fundamentales de este programa estratégico ha sido ampliar el conocimiento geocientífico del acuífero profundo en el Valle de México.

En la actualidad, se conoce que los estratos del subsuelo funcionan como bandas transportadoras que mueven fluidos, gases, solutos, coloides, material particulado, materiales biológicos y calor desde las zonas de recarga hacia las zonas de descarga (Toth, 2015, 2016).

El agua subterránea fluye de manera constante en los estratos del subsuelo a diferentes profundidades, puede penetrar hasta varios kilómetros por debajo de la superficie del terreno, y dura desde meses hasta miles de años en su recorrido, hasta llegar a los sitios de descarga natural en ríos, lagos, humedales y el mar, en donde se reincorpora a la circulación atmosférica.

La limitación del drenaje hacia el sur de del Valle de México se debe a la presencia de los productos de la sierra del Chichinautzin que modificó drásticamente su morfología en los últimos 700 mil años (Vázquez-Sánchez y Jaimes-Palomera, 1989).

El parteaguas de la cuenca se extiende por la zona montañosa circundante, que frecuentemente se eleva por encima de los 3000 msnm.

El propósito del estudio, es caracterizar el acuífero profundo de la cuenca con el fin de identificar la relación que existe entre el acuífero profundo y el somero, así como explorar la posibilidad de interceptar el flujo del acuífero subterráneo antes de que abandone la cuenca.

Únicamente tres pozos perforados en la Ciudad de México han alcanzado el basamento de calizas, el Pozo Mixhica-1 (2,400 m), Pozo Tulyehualco-1 (3,000 m) y el Pozo Agrícola Oriental 2B (2,000 m).

Se está realizando una serie de sondeos Magnetotelúricos (MT) para recabar datos que permita identificar las características del subsuelo a grandes profundidades, con el fin de integrar un modelo numérico que permita entender la composición del acuífero profundo. En la siguiente figura se muestra el área de estudio.

CUARTA PARTE

CÓMO LOGRARLO

9. EL TRABAJO CONJUNTO

La instrumentación de una estrategia que permita reducir la sobreexplotación del acuífero y los hundimientos, en la que intervienen muchos actores, constituye un problema complejo, cuya solución requiere contar con un programa conjunto, la participación oportuna de las partes, los recursos y la disposición de la sociedad para asumir responsabilidades.

No se trata de un programa para introducir una nueva fuente de abastecimiento, es un nuevo paradigma que tiene como finalidad la reducción de la sobreexplotación del acuífero del Valle de México y del hundimiento sin descuidar la atención de las necesidades de abasto de los diferentes usuarios y en lo posible sin recurrir a fuentes externas.

Se trata de un programa con diversas vertientes, entre las que pueden apuntarse:

La técnica

La complejidad de las instalaciones del sistema de agua y drenaje del Valle de México donde intervienen diversas instituciones obligan a compartir una visión conjunta a fin de hacer más eficiente su funcionamiento. Es importante considerar la perspectiva de la administración del agua y de los usuarios porque tienen responsabilidades diferentes que redundan en aspectos técnicos.

a) El sistema general del Valle de México

- Analizar los proyectos de infraestructura desde la perspectiva de la Zona Metropolitana para buscar sinergias que la hagan más eficiente
- Contar con sistemas de medición que permitan conocer las condiciones de las

fuentes de abastecimiento, en particular de los acuíferos, así como de los usos del agua para realizar balances confiables, y para la toma de decisiones oportuna;

- Estudiar el reúso indirecto y directo para aprovechamiento de las aguas residuales como una fuente potencial de agua potable
- Estudiar las posibilidades de infiltración de agua pluvial y residual tratada al acuífero.

b) Operación de la infraestructura primaria

- Desarrollar protocolos para la operación de los principales componentes del sistema: ya existe para drenaje pluvial, es necesario impulsar los protocolos para la mejor distribución de agua potable y para el uso del agua tratada.

c) Servicios de agua y saneamiento

- Sectorización de las redes y reducción de fugas;
- Adecuación de redes de distribución para atender a toda la población con una perspectiva metropolitana, más equitativa.
- Incrementar la macro y micromedición.
- Asegurar la calidad del agua que se distribuye a los usuarios.
- Aprovechar el agua residual tratada en el marco de la economía circular
- Automatizar los componentes del sistema
- Capacitar al personal

d) Agua para la agricultura

- Tecnificar el campo en el Valle de México y en el Valle del Mezquital.
- Desarrollar infraestructura para recibir eventualmente agua residual tratada en esquemas de intercambio de agua a favor del acuífero

e) Resiliencia

- Contar con redundancia en infraestructura
- Consolidar sistemas de alertamiento

f) Nuevas fuentes

- Analizar fuentes externas de agua: Tecolutla, Amacuzac, Acuífero del Valle del Mezquital.
- Realizar estudios para uso directo o indirecto de aguas residuales tratadas
- Continuar el estudio del acuífero profundo como parte del sistema hídrico para ver en qué medida se puede aprovechar para aprovechamiento permanente o para emergencias.

La gobernanza.

La actual estructura de facultades, responsabilidades y recursos no es eficiente para atender el problema. Las facultades amplias de regulación y operación que tiene la Conagua y su Organismo de Cuenca no tienen un colateral en términos de recursos financieros y humanos, ni la representatividad ante otras entidades públicas, que permitan una atención adecuada de la problemática.

Se debe adoptar un nuevo paradigma para el Valle de México que implica el acuerdo entre las instancias gubernamentales a fin de asumir un programa conjunto y sumar recursos. Es claro que los componentes del programa son liderados por distintas instituciones, pero en su ejecución es imprescindible no solo la coordinación sino una colaboración que garantice el uso eficiente de los recursos.

La concentración de facultades, responsabilidades, patrimonio y recursos humanos y técnicos en un solo organismo encargado de operar los distintos aspectos del manejo, conservación y desarrollo de la cuenca es la solución adecuada para la atención del hundimiento y la sobreexplotación. Los pasos a seguir son:

- Crear un Consejo y dotarlo de facultades fiscales y financieras necesarias para el financiamiento del Programa de inversión.
- Establecer el Consejo mediante un Decreto de Creación por parte del Poder Ejecutivo Federal. El Decreto de Creación de un Consejo, con personalidad jurídica y patrimonio propios, posibilitaría.
 - a) Crear al Consejo, dotado de una estructura de gobierno
 - b) Incorporar a su patrimonio los activos de la red troncal del sistema hidráulico de la cuenca actualmente adscritos a la Conagua y a los Organismos de las Entidades Federativas, dejando a las Entidades los activos correspondientes a la red secundaria;
 - c) Asignar al Consejo los ingresos correspondientes a la venta de agua en bloque a las Entidades, la cual es actualmente recibida por la Conagua;
 - d) Crear una contraprestación de las Entidades Federativas como retribución a la infraestructura troncal operada por el Consejo;
 - e) Crear las condiciones para que las entidades federativas puedan afectar sus derechos a recibir una parte proporcional de sus ingresos en participaciones federales (las Entidades), y/o el Fortamun (los municipios), para el pago de los servicios prestados por el Consejo a los mismos
- Revisar acuerdos de distribución de aguas en el Valle de México, Mezquital, Lerma y Cutzamala.
- Adecuar tarifas para mejorar el servicio y propiciar un uso más eficiente del agua, con

subsidios dirigidos a la población más desprotegida, a través de mecanismos que no incidan en el financiamiento del agua.

- Procurar la participación institucional y de la sociedad que se ha expresado en diversos foros interesada en la solución del problema del Valle de México.
- Llevar a consulta los proyectos con los usuarios y la sociedad afectada, la apertura a organizaciones de la sociedad civil y el seguimiento de los proyectos por parte de la sociedad será necesario en temas como el intercambio de agua para riego, molestias por las obras para la sectorización y sustitución de tuberías, aceptación de agua residual tratada para diversos usos; aceptación de la captación de agua de lluvia donde proceda, ahorro de agua, reducción de la dotación en las zonas en que persisten consumos elevados, entre otras.
- Recurrir a consejos de Cuenca y los Comités Técnicos de Agua Subterránea para los procesos de concertación.
- Contar con un plan de largo que sirva de referencia para la toma de decisiones.

La ambiental.

Se han identificado grandes líneas de acción que podrían sustentar el diseño de políticas públicas, con un enfoque territorial y de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en el Valle de México.

- Asegurar que los proyectos se planteen bajo premisas que minimicen el impacto al medio ambiente.
- Desarrollar proyectos con SbN
- Reconocer los ecosistemas como capital natural, para abrigar visiones culturales locales y derecho consuetudinario -usos y costumbres-.

- Incorporar el concepto de ecohidrología, promovido por la UNESCO, para contar con una visión que integre a la cuenca con su biota en una sola entidad, para reducir impactos antropogénicos mediante los servicios ecosistémicos.
- Regular los componentes terrestres de los ecosistemas ya que debe haber congruencia en el desarrollo urbano y la conservación de áreas verdes que promuevan el uso eficiente de los recursos y calidad de vida para los habitantes.

El financiamiento.

Es deseable en finanzas públicas que, de ser posible, cada fuente de gasto tenga su correspondiente fuente de ingresos. Dicho precepto no se cumple en todos los casos, pues existen múltiples rubros de gasto (el pago de nómina de gobierno, por ejemplo), a la cual no es posible asignarle una fuente de financiamiento directa.

En algunas ocasiones de manera incompleta, pero el esquema de "Derechos" que norma el modelo fiscal de los sistemas hidráulicos en México, busca al menos recuperar los costos de la provisión del agua. A nivel del consumidor, el conjunto de contribuciones agrupadas en los Derechos de agua, están diseñados para cubrir la operación y el mantenimiento sin incorporar la inversión. Por lo anterior, es necesario:

- Crear una contraprestación específica para que el Consejo pueda contar con una fuente estable, de recursos propios, específicamente dedicado al financiamiento de la inversión en la infraestructura troncal del Valle de acuerdo con el Plan de Inversión.

Dicha contraprestación, de las Entidades al Consejo por el uso y aprovechamiento de la infraestructura, podría ser repercutida a los consumidores de acuerdo con el esquema que definan las Entidades.

- La repercusión a las tarifas de consumo locales podría ser total o parcial, en cuyo caso el Estado deberá de cubrir con su margen presupuestal el costo de la contraprestación al Consejo.
- El Consejo tendría dos posibles fuentes presupuestales: Aportaciones de las Entidades Federativas y Recursos Propios
 - a) Dentro de las aportaciones por parte de las entidades federativas podrían considerarse los siguientes fondos, un porcentaje de los cuales quedarían comprometidos para ser aportados de manera irrevocable en favor del Consejo:
 - i) Fondo General de Participaciones (Ramo 28), para los Gobiernos Estatales;
 - ii) Fortamun (Ramo 33): Fondo de Aportaciones para el Fortalecimiento de los Municipios;
 - iii) Fondos presupuestales de las entidades
 - b) En lo que respecta a los ingresos propios, los recursos del Consejo podrían provenir de las siguientes fuentes:
 - i) Venta de agua en bloque a las entidades federativas
 - ii) Creación de una contraprestación específica para la inversión, operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica

QUINTA PARTE

CONVOCATORIA DE LA SOCIEDAD CIVIL

Se han generado múltiples iniciativas que inciden en reducir la sobreexplotación del Acuífero del Valle de México y el hundimiento. Algunas se refieren al ámbito de la Ciudad de México y otras se extienden a toda la Región Hidrológico-Administrativa XIII que incluye el Valle de México y Tula. También se han hecho acuerdos para operación de componentes del sistema hidráulico y la Academia ha estado muy presente en la instrumentación altimétrica y medición piezométrica, lo que ha permitido dar seguimiento al hundimiento de la ciudad y su relación con la situación del acuífero.

Estos esfuerzos en general han tenido éxito en principio, pero al estar vinculados a programas institucionales, han sufrido ajustes en los cambios de administración que han modificado prioridades o los han relegado para atender otras actividades que se consideraron prioritarias. La conducción por parte de las instituciones solamente queda sujeta a las orientaciones de gobierno y eso puede hacer perder el ritmo en la ejecución de actividades o reorientar recursos.

Por tal virtud, lo que ahora se pretende es involucrar a la sociedad en la adopción de un programa conjunto con visión de largo plazo.

Se cuenta con suficientes estudios y herramientas para estructurar la alternativa más conveniente, sobre la base de la sustentabilidad del acuífero y de la calidad del servicio de agua a todos los usuarios.

El trabajo conjunto de los actores involucrados es fundamental para que exista consenso en las acciones a desarrollar de manera estructurada con programas que incluyan la infraestructura, la organización y el financiamiento.

El papel de la sociedad es fundamental porque constituye el elemento que dará continuidad a la implementación del programa. Será actor en las definiciones de las acciones a desarrollar y será también vigilante de su implementación; y muy importante será su intervención en los cambios de administración para pugnar por la continuidad del programa.

La crisis derivada de la sequía que afecta la disponibilidad de agua superficial es una oportunidad que debe aprovecharse para incidir en la conveniencia de adoptar un programa conjunto.

**¡LO QUE NO PODEMOS HACER
ES DEJAR PASAR MÁS TIEMPO SIN ACTUAR!**

REFERENCIAS

1. Compendio del Agua de la Región Hidrológico- Administrativa XIII. Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México Comisión Nacional del Agua. 2017.
2. Programa Hídrico de la Región XIII, Aguas del Valle de México, CONAGUA. 2018.
3. EPA. Potable Water Reuse and Drinking Water
<https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/potable-water-reuse-and-drinking-water>
4. Crecimiento y Policentros. Carpeta Informativa. Actualización de Indicadores. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública de la Cámara de Diputados. Agosto, 2016.
<http://pot.diputados.gob.mx/Obligaciones-de-Ley/Articulo-72/XIV.-Resultados-de-estudios-e-investigaciones/Centro-de-Estudios-Sociales-y-de-Opinion-Publica>
5. Zona Metropolitana del Valle de México: Neoliberalismo y contradicciones urbanas. E. Pradilla C. Agosto, 2016.
https://www.researchgate.net/publication/307889021_Zona_Metropolitana_del_Valle_de_Mexico_neoliberalismo_y_contradicciones_urbanas
6. Estrategia Local de Climática 2021 - 2050. Secretaría de Medio Ambiente, Gobierno de la Ciudad de México. 2021
7. Programa Estratégico para la Gestión Sostenible del Acuífero del Valle de México.