



¿Un camino  
**verde** para  
**mañana?**

MARZO 2013

Agua urbana en el Valle de México : ¿un camino verde para mañana?  
Copyright © 2013 por Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial  
1818 H Street, N.W.  
Washington, D.C. 20433, U.S.A.  
www.bancomundial.org.mx  
Todos los derechos reservados  
Primera edición en español: Marzo 2013

El Banco Mundial, el Ministerio de Economía y Hacienda del Gobierno de España, la Comisión Nacional del Agua y la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento, A.C. no aceptan responsabilidad alguna por cualquier consecuencia derivada de su uso o interpretación. El Banco Mundial, el Ministerio de Economía y Hacienda del Gobierno de España, la Comisión Nacional del Agua y la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento, A.C. no garantizan la exactitud de la información incluida en esta publicación y no acepta responsabilidad alguna por cualquier consecuencia derivada de su uso o interpretación.

Los límites, los colores, las denominaciones y demás información contenida en los mapas de este libro no presuponen, por parte del Grupo del Banco Mundial, juicio alguno sobre la situación legal de cualquier territorio, ni el reconocimiento o aceptación de dichos límites.

Los resultados, interpretaciones y conclusiones expresadas en este libro son en su totalidad del autor y no deben ser atribuidas en forma alguna al Banco Mundial, a sus organizaciones afiliadas o a los miembros de su Directorio Ejecutivo ni a los países que representan.

#### Derechos y Permisos

El material de esta publicación está protegido por el derecho de propiedad intelectual. Las solicitudes de autorización para reproducir partes de esta publicación deberán enviarse al Oficial de Comunicaciones Senior Fernanda Zavaleta de la Oficina del Banco Mundial para Colombia y México al Fax (55) 5480-4222. Cualquier otra pregunta sobre los derechos y licencias debe ser dirigida al Banco Mundial en México en el número de fax referido.

#### Banco Mundial

Impreso y hecho en México / 2013  
Diseño de Interiores y Portada: Alejandro Espinosa/sonideas  
Fotografías: Archivo fotográfico de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)  
Fotografía de la portada: Archivo fotográfico del Banco Mundial

Agua urbana en el Valle de México: ¿un camino verde para mañana?. -- México : Banco Mundial, 2013.

92 p.: il.

1. Agua (zona urbana) – Valle de México – Abastecimiento y saneamiento. – 2. Agua (zona urbana) – Valle de México – Balance físico y económico. – 3. Agua (zona urbana) – Valle de México – Perspectivas 2030. – 4. Valle de México – Agua (zona urbana) – Abastecimiento y saneamiento. – 5. Valle de México – Agua (zona urbana) – balance físico y económico. – 6. Valle de México – Agua (zona urbana) – Perspectivas 2030.

352.94232509725/A34

BANCO MUNDIAL

**Agua urbana en el Valle de México:**  
**¿Un camino verde**  
**para mañana?**



Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo del Gobierno de España a través del Fondo Español para América Latina y el Caribe

MARZO DE 2013

# Índice

<b>Prólogo</b>	<b>viii</b>
<b>Resumen ejecutivo</b>	<b>xi</b>
<b>I. Antecedentes del estudio</b>	<b>1</b>
A Introducción	1
B Objetivos del estudio	2
C Alcance geográfico	2
D Metodología, fuentes de información y advertencia	2
E Estructura del documento	4
<b>II. El Valle de México</b>	<b>7</b>
A Contexto general	7
B Los servicios de agua y saneamiento	9
C Balance hídrico	11
<b>III. El agua urbana: balance físico</b>	<b>17</b>
A Perspectiva general	17
B Las fuentes de abastecimiento urbano	18
C Los usos del agua urbana	19
D Balance general	22
E Conclusiones	23
<b>IV. El agua urbana: balance financiero y económico</b>	<b>25</b>
A Perspectiva general	25
B Las fuentes de financiamiento	26
C Los usos de fondos	29
D Balance financiero y económico	33
E Conclusiones	36
<b>V. Perspectivas a 2030</b>	<b>39</b>
A Proyecciones a 2030	39
B Escenario tendencial	40
C Escenario verde	45
D Comparación	49
E ¿Cómo cubrir el déficit?	52
<b>VI. Recomendaciones y conclusiones</b>	<b>55</b>
A Conclusiones	55
B Recomendaciones	56
<b>VII. Referencias</b>	<b>65</b>
<b>VIII. Anexos</b>	<b>69</b>
A Comparativo con otras grandes aglomeraciones de América Latina	69
B Municipios del Valle de México (clasificado por población)	70
C Índice Apgar modificado	72
D Mapa	73



## Índice de cuadros

Cuadro 1. Distribución de las fuentes de abastecimiento al Valle de México.....	11
Cuadro 2. Balance hídrico de los acuíferos locales que abastecen al Valle de México (m <sup>3</sup> /s).....	12
Cuadro 3. Condición geohidrológica de los acuíferos del Estado de México (subregión Alto Lerma).....	13
Cuadro 4. Principales fuentes de abastecimiento de agua potable del Valle de México (m <sup>3</sup> /s).....	18
Cuadro 5. Principales usos del agua urbana en el Valle.....	20
Cuadro 6. Eficiencia de los consumos autorizados en el Valle de México.....	21
Cuadro 7. Eficiencia de las pérdidas comerciales en el Valle de México.....	22
Cuadro 8. Fuentes de financiación de agua urbana en el Valle de México.....	26
Cuadro 9. Usos de los fondos para agua urbana en el Valle de México.....	29
Cuadro 10. Proyección de población para las localidades de estudio del Valle de México.....	40
Cuadro 11. Proyecciones de demanda de agua (m <sup>3</sup> /s) en un escenario tendencial a 2030.....	42
Cuadro 12. Fuentes financieras en un escenario tendencial a 2030.....	43
Cuadro 13. Costos financieros en un escenario tendencial a 2030.....	43
Cuadro 14. Costos económicos en un escenario tendencial a 2030.....	44
Cuadro 15. Proyecciones de demanda de agua (m <sup>3</sup> /s) en un escenario verde a 2030.....	46
Cuadro 16. Fuentes financieras en un escenario verde a 2030.....	47
Cuadro 17. Costos financieros en un escenario verde a 2030.....	48
Cuadro 18. Comparación de los escenarios estudiados.....	51
Cuadro 19. Capacidad incremental de las nuevas fuentes de producción y costo unitario asociado.....	52

## Índice de gráficas

Gráfico 1. Tendencias de crecimiento demográfico por tamaño de localidad en el Valle de México (1990-2030).....	8
Gráfico 2. Evolución de cobertura de agua y drenaje en el Valle de México.....	9
Gráfico 3. Desempeño de organismos operadores en el Valle de México.....	10
Gráfico 4. Balance de fuentes y usos para la subregión del Valle de México.....	15
Gráfico 5. Desagregación de los usos del agua en el Valle de México.....	23
Gráfico 6. Comparación del balance financiero actual con una situación eficiente.....	34
Gráfico 7. Balance económico del servicio de agua y saneamiento del Valle de México.....	34
Gráfico 8. Balance físico en un escenario tendencial a 2030.....	42
Gráfico 9. Balance económico de la prestación del servicio en un escenario tendencial a 2030.....	44
Gráfico 10. Balance físico en un escenario verde a 2030.....	47
Gráfico 11. Balance económico-financiero en un escenario verde a 2030.....	48
Gráfico 12. Comparación física, escenarios tendencial y verde a 2030.....	49
Gráfico 13. Comparación de los costos financieros del servicio de agua y saneamiento en el Valle de México en los escenarios tendencial y verde a 2030.....	50
Gráfico 14. Comparación de los costos financieros del servicio de agua y saneamiento en el Valle de México en los escenarios tendencial y verde a 2030.....	51
Gráfico 15. Flujo incremental de cada fuente y costo unitario asociado.....	53

## Siglas, acrónimos y abreviaturas

CAEM	Comisión del Agua del Estado de México
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAPO	Consejo Nacional de Población
hm <sup>3</sup>	Hectómetro cúbico
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IWA	Asociación Internacional del Agua
l	Litro
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
PIB	Producto interno bruto
PRODDER	Programa de Devolución de Derechos
s	Segundo
SACM	Sistema de Aguas de la Ciudad de México
\$	Peso mexicano



*La elaboración del presente documento ha sido encabezada por David Michaud, especialista de Agua y Saneamiento del Banco Mundial, con la participación de los siguientes expertos nacionales e internacionales: Luz María González (aspectos financieros y económicos); Fabio Garzón (balances de agua urbana); Daniel Nolasco (desempeño de los organismos operadores) y Ricardo Sandoval (contexto del Valle, proyecciones de población, balances hídricos). Victoria Flamant, Paola Gordon y Blanca López han ayudado significativamente en la elaboración del documento.*

*El equipo de trabajo desea agradecer en particular la colaboración, los comentarios y los insumos del Sistema de Agua de la Ciudad de México y su director general Ramón Aguirre Díaz; de la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento y su director Roberto Olivares; del anterior subsecretario de Aguas del Estado de México Oscar Hernández; del equipo de la Comisión de Agua del Estado de México y en particular de Edgardo Castañeda, director del Programa Hídrico Estatal; de la Comisión Nacional del Agua; de los directores de los organismos operadores de Tlalnepantla, Ecatepec, Huixquilucan, Tecámac y Nezahualcóyotl, y sus equipos respectivos; así como, por parte del Banco Mundial, los aportes de Carter Brandon, Charles Delfieux, Alexandra Ortiz y Ernesto Sánchez.*

*Este estudio forma parte de la iniciativa “Blue Water Green Cities” del Banco Mundial para promover la gestión integral del agua urbana en América Latina. Para mayor información visita:*

*[www.worldbank.org/laciurwm](http://www.worldbank.org/laciurwm)*



# Prólogo

La responsabilidad de todo nivel y orden de gobierno, es procurar el bienestar de la sociedad a la que sirve, buscando siempre el desarrollo armónico de las futuras generaciones, y el agua es un elemento clave en esta tarea.

Durante el ejercicio de mi encargo como Secretario del Agua y Obra Pública del Gobierno del Estado de México, uno de los temas prioritarios que concentraban la atención de la administración, del entonces Gobernador del Estado, el licenciado Enrique Peña Nieto, era la situación de los recursos hídricos de la entidad.

Las acciones que llevamos a cabo para enfrentar estos retos, fueron encaminadas a fomentar una cultura del agua y hacer un uso más eficiente del vital líquido, que además de un bien económico, es un elemento de desarrollo, paz y cohesión social.

Indudablemente, la prosperidad de una región está ligada a su disponibilidad de agua y su capacidad de usarla con eficiencia, y en este binomio, el Estado de México, especialmente los municipios que conforman la Zona Conurbada del Valle de México enfrentan grandes retos pues tienen la gran tarea de prestar servicios de agua potable, drenaje y saneamiento a 20 millones de habitantes en una de las zonas metropolitanas más grandes del mundo.

En esta labor, los organismos operadores de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento, enfrentan además de debilidades financieras, administrativas, técnicas y comerciales los efectos del cambio climático, problemáticas sociales y el crecimiento desorganizado de las ciudades.

Ante tales situaciones y como parte de la estrategia de solución a estos retos, se solicitó la cooperación institucional del Banco Mundial para llevar a cabo el presente estudio, y formular las bases de una nueva política pública para la gestión del agua en el Valle de México.

Juntos, la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México y la Secretaría de Agua y Obra Pública del Gobierno del Estado de México realizamos un análisis profundo y detallado del contexto y la perspectiva de todos los elementos y componentes del sector. De manera que en el presente documento el lector podrá encontrar datos estadísticos, aspectos financieros, análisis de gestión y perspectivas para las próximas dos décadas.

Continuemos entregando todo nuestro esfuerzo y entusiasmo para cumplir con éxito la gran tarea que tenemos de llevar agua a millones de mexicanos, motivados por la manera en la que cambiamos la calidad de vida de la gente, cuando puede disfrutar del agua en cantidad y calidad suficientes.

**Dr. David Korenfeld Federman**  
*Director General*  
*Comisión Nacional del Agua*



Este estudio sobre la gestión del agua urbana en el Valle de México, fue realizado en estrecha coordinación con autoridades de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS) del Estado de México y del Distrito Federal, a quienes agradecemos el apoyo brindado durante su elaboración.

Para el Banco Mundial es importante participar en este estudio ya que la historia de colaboración en temas de Agua con el Gobierno de México data desde 1973, año en el que el Banco Mundial y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) apoyaron al Gobierno de México en la creación del Primer Plan Nacional Hidráulico. Además, históricamente, casi el 10 por ciento del monto total de los recursos aprobados para el país, han sido destinados a este sector.

Desde entonces, hemos apoyado continuamente de manera estratégica a la CONAGUA y a otras instituciones que trabajan en el sector hídrico en México. Nuestro apoyo se fundamenta en un amplio paquete de servicios financieros, de conocimiento, de coordinación y convocatoria. El estudio forma parte de las actividades con las cuales apoyamos al gobierno en el área de Crecimiento Verde e Incluyente.

El estudio ofrece una visión de los principales desafíos que enfrenta el Valle de México en el sector hídrico. Como habitante de la Ciudad de México, conozco los retos que la ciudad aún enfrenta. Difícilmente podemos obviar que muchos ciudadanos reciben agua sólo pocas horas al día y que algunos, terminan comprándola a precios caros por no tener acceso desde casa; o que los acuíferos que nos abastecen se están agotando; y que a pesar de ser conscientes de ello, terminamos desperdiciando el preciado recurso. Este estudio muestra el costo significativo que representa esta situación para la sociedad.

La mejor forma de garantizar el suministro de agua en forma sustentable es mediante programas de uso eficiente del agua, tanto en las ciudades como en la industria y la agricultura. Consideramos que en un contexto de escasez creciente del recurso hídrico, exacerbado por el cambio climático, la eficiencia es la única opción viable. Necesitamos, juntos, buscar un camino más verde, más sustentable y más inclusivo.

Este estudio no pretende dar soluciones definitivas, pero sí contribuir al debate y ver como podemos contribuir en la formulación de soluciones, particularmente aquellas destinadas a la población más pobre, que son quienes se encuentran en una posición de mayor desventaja en cuanto al acceso, uso, manejo y control de los recursos hídricos.

**Dra. Gloria M. Grandolini**

*Directora*

*Oficina del Banco Mundial para Colombia y México*

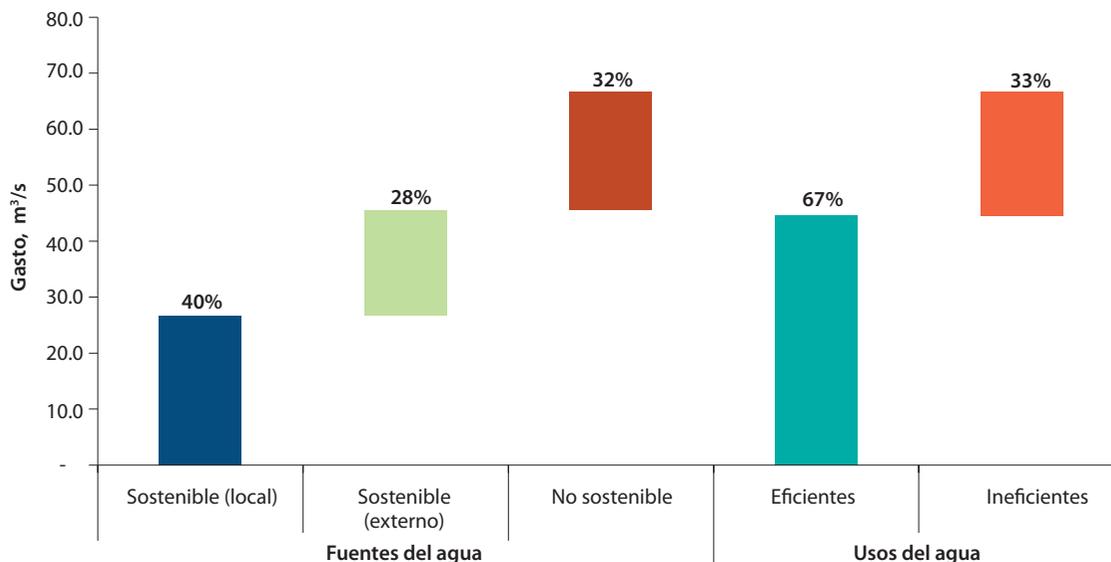
*Marzo de 2013.*



# Resumen ejecutivo

**M**éxico se ha posicionado como un referente del desarrollo verde; sin embargo en el Valle de México queda mucho por hacer para alcanzar un manejo del agua eficiente, sostenible y equitativo. Desde hace varios años México ha demostrado un liderazgo internacional reconocido en cuanto al desarrollo verde y sostenible; su compromiso se ha demostrado en muchos sectores, incluso en el del manejo del agua. Este estudio muestra sin embargo una vez más que el manejo actual del agua en el Valle de México no está a la par de otras grandes aglomeraciones de la región latinoamericana, no es ni eficiente, ni sostenible, ni equitativo, y amenaza así la capacidad de generaciones futuras de aprovechar también un recurso tan vital como el agua, como lo resaltan los párrafos a continuación.

**Balance físico de fuentes y usos actuales del agua urbana en el Valle de México.**

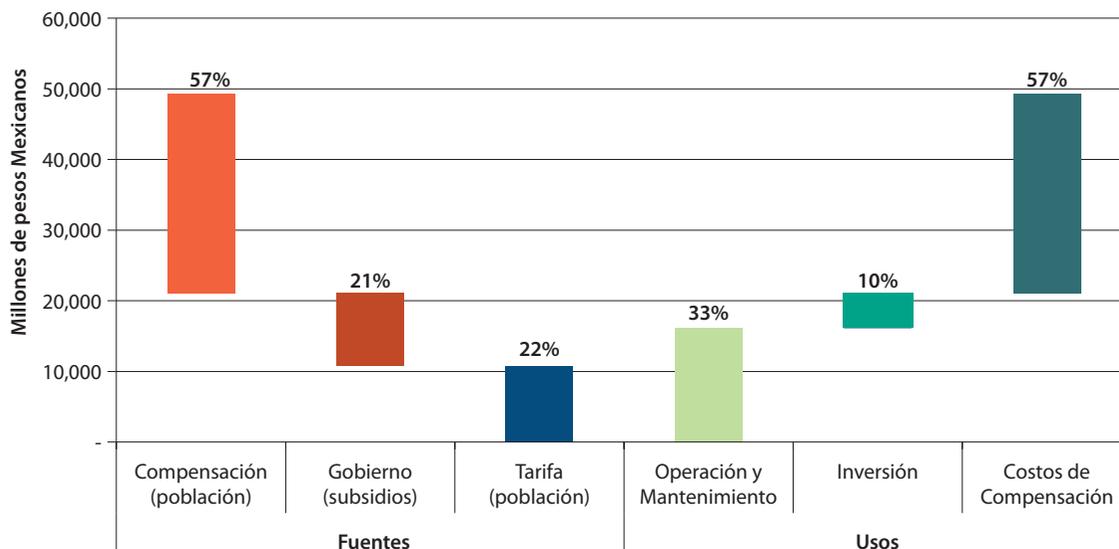


**La situación de los recursos hídricos en el Valle de México es muy crítica.** El Valle hospeda la mayor aglomeración de América Latina en una cuenca endorreica relativamente pequeña y bajo un clima con precipitaciones relativamente modestas. El crecimiento urbano ha significado que la disponibilidad actual de agua en el Valle esté en el orden de 74 m<sup>3</sup>/habitante, lo que podría considerarse como una situación de estrés hídrico extremo (CONAGUA, 2009). Es probable que el cambio climático genere sequías aún más fuertes que las que se han observado hasta ahora.

**La situación actual de sobreexplotación de los acuíferos se debe principalmente a las prácticas ineficientes e insostenibles de aprovechamiento del agua urbana.** Tal como lo ilustra el gráfico a continuación, actualmente 32% del agua de abastecimiento urbano en el Valle proviene de extracciones insostenibles de las fuentes, principalmente por sobreexplotación de los acuíferos del Valle. A pesar de esta situación muy crítica, cerca de 33% del agua no se usa eficientemente en comparación con buenas prácticas internacionales, como lo muestra en mayores detalles el anexo VIII A. Además, los costos de la provisión del servicio son apenas cubiertos en un 51% por la tarifa, amenazando así la sostenibilidad de los mismos. Finalmente, solo el 16% de los organismos operadores analizados puede ser considerado de desempeño bueno o normal.

**Estas prácticas generan un impacto negativo importante en la población y en la economía del Valle.** Con base en escenarios conservadores, se estima que la población asume un costo económico del orden de \$28 168 millones (pesos mexicanos) anualmente para compensar las deficiencias del servicio, y en particular la ausencia de continuidad, la limitada cobertura de drenaje y la falta de tratamiento de las aguas servidas. Este monto es casi el triple del monto pagado por concepto de tarifa, lo que muestra que hay amplio espacio para una discusión racional sobre el financiamiento del servicio. El costo económico de estas deficiencias e ineficiencias representa el 1% del producto interno bruto (PIB) del Valle, porcentaje que la economía deja de crecer por carecer de un buen servicio, y que en su mayor parte es asumido por la población más pobre y sin servicio.

#### Balance económico de las fuentes y los usos actuales de fondos en los servicios de agua y saneamiento del Valle de México.

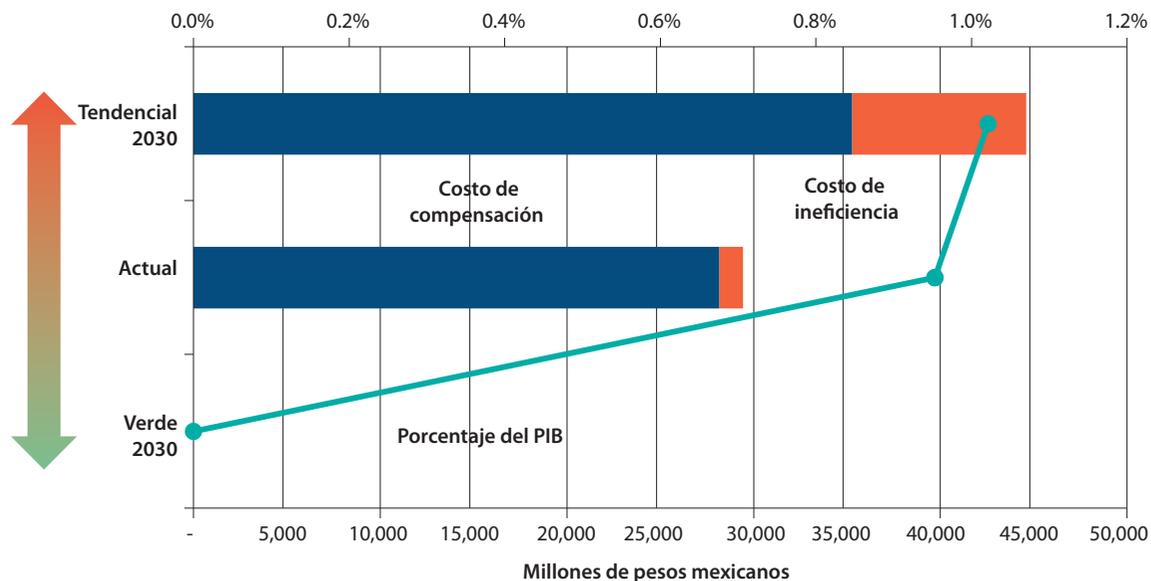


**Las proyecciones a 2030 muestran que si no se toman medidas significativas, se estarían transfiriendo retos cada vez mayores a la próxima generación.** Bajo el supuesto de que se mantengan las prácticas actuales de manejo del agua en el Valle, las fuentes sostenibles actuales (45,6 m<sup>3</sup>/s) representarían solo un 50% de la demanda futura total (91,8 m<sup>3</sup>/s); el 23% seguiría proviniendo de la

sobreexplotación de los acuíferos ( $21,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ), asumiendo que los mismos no se agoten antes, y para el 27% restante ( $25,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ) sería necesario buscar nuevas fuentes. En ese escenario tendencial la calidad del servicio probablemente empeoraría por carencia de agua, y la cantidad cada vez mayor de agua a importar en el Valle podría generar conflictos sociales significativos en las cuencas vecinas y con otros usuarios, como los agricultores. Los costos económicos crecerían a \$35 300 millones por año, el 1,02% del PIB del Valle y casi el triple del monto de la inversión efectiva. El Gobierno estaría obligado a aumentar cada vez más sus subsidios al sector, que llegarían a representar las dos terceras partes de los costos financieros del servicio.

**Aun buscando seguir una trayectoria de crecimiento verde, es decir con un uso más eficiente del agua y una mayor calidad y cobertura de servicio, el Valle deberá enfrentar el problema de la sostenibilidad de sus recursos hídricos.** En este caso el déficit hídrico se podría disminuir significativamente reduciéndolo de un escenario tendencial de  $25,1 \text{ m}^3/\text{s}$  a un escenario verde de  $11,7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Se mantendría sin embargo el reto planteado por las actuales fuentes no sostenibles de agua en el Valle por un volumen de  $21,1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sin embargo, este escenario lograría mejoras significativas en cuanto al impacto financiero: la tarifa llegaría a cubrir el 67% de los costos del servicio, los subsidios del Gobierno se dirigirían solo a la inversión, y el impacto económico del mal servicio en el Valle se eliminaría, como lo muestra el gráfico a continuación.

#### ■ Porcentaje del PIB del Valle de México.



**La estrategia para enfrentar los desafíos señalados y ubicar al Valle de México en una trayectoria de crecimiento más eficiente, equitativo y sostenible —en otra palabra, más verde— tiene que venir de un cambio de todos los actores del Valle.** El presente estudio no busca proponer, sino informar soluciones; estas tienen que ser adoptadas por los mismos actores y responsables de políticas del Valle de México en los varios órdenes de Gobierno. Sin embargo, cualquier estrategia deberá reconocer la necesidad de cambios por parte de todos los actores, incluidas la población, los profesionales del sector y la clase política, y abordar tres temas de fondo: i) la creación de un entorno propicio al cambio; ii) el abordaje integral del ciclo del agua urbana, y iii) la generación de un respaldo amplio en la sociedad y en la clase política. A continuación se plantean algunas recomendaciones al respecto que los responsables de políticas podrían tener en cuenta a la hora de definir las estrategias que se consideren oportunas en el contexto socioeconómico y político del Valle de México.

- **Entorno propicio.** Por entorno propicio se entiende una serie de actividades que permitan generar las condiciones necesarias al cambio en las prácticas de gestión del agua urbana en el Valle de México, incluyendo el mejoramiento de la información disponible, la definición de un mecanismo de coordinación y toma de decisión a nivel del Valle, medidas concretas de modernización de las instituciones involucradas en la prestación de los servicios de agua y saneamiento en el Valle, y cambios en los esquemas de financiación, incluida la adopción de tarifas más acordes al costo del servicio, con mecanismos de subsidios enfocados en quienes los necesitan. La reciente publicación, por parte de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de la *Política Pública de Mejoramiento de Eficiencias en los Sistemas Urbanos de Agua Potable y Saneamiento en México* (CONAGUA, 2012b) es también un paso importante para consolidar una visión que mejore la eficiencia del sector en el país.
- **Abordaje integral del ciclo del agua.** En paralelo con la creación de un entorno propicio, es importante que se busque reconciliar la brecha entre la disponibilidad sostenible de agua en el Valle y su uso; para esto es importante que se aborde cada uno de los pasos del ciclo del agua urbana; esto en paralelo con un esfuerzo concertado para mejorar la cobertura y continuidad de los servicios. En particular se destaca la necesidad de trabajar tanto en un uso más eficiente del recurso hídrico (disminuyendo pérdidas), como un mejor control de la demanda de los usuarios finales, entre otros a través de un fomento sistemático de la medición y tarifas con señales económicamente adecuadas, y una búsqueda de nuevas fuentes sostenibles. En el contexto de cambio climático y mayor variabilidad climática, la preparación de planes de contingencias para condiciones de sequía o inundaciones extremas es también una necesidad.
- **Respaldo de la sociedad.** Finalmente, es importante reconocer que las medidas propuestas en este estudio, si bien pueden ser consideradas como ideales, no son necesariamente populares, razón por la cual no se podrán implementar sin que exista un respaldo amplio tanto en la clase política en las varias jurisdicciones y órdenes de gobierno como en la población. Solo cuando exista un diálogo y un consenso amplio y diverso sobre el tema, será posible también llegar a un resultado diferente al actual. En este sentido, el papel de la instancia de coordinación (mencionada al inicio de estas recomendaciones), será fundamental para definir de manera participativa y abierta un futuro más eficiente, más sostenible y más equitativo; en una palabra, más verde. Esta tarea probablemente sea la más difícil de todas, pero también la más importante.







# I. Antecedentes del estudio

## A Introducción

El servicio de agua y saneamiento en el Valle de México se caracteriza por la alta presión que se ejerce sobre los recursos hídricos existentes, debido a la baja disponibilidad de agua natural, las extracciones de agua por encima de los niveles de recarga y una población en crecimiento. Además, el Valle se ve afectado por inundaciones recurrentes debido a sus patrones de lluvia y al hecho de que es una cuenca endorreica<sup>1</sup>.

El uso ineficiente de los recursos hídricos en muchos de los servicios de agua y saneamiento agrava el problema de escasez de agua en la región. Los altos niveles de agua no contabilizada en el agua potable y sistemas de riego están acompañados por un control deficiente sobre la demanda de agua, lo que da como resultado una alta ineficacia en la gestión de los recursos hídricos.

A pesar de que los niveles de cobertura son altos, la calidad del servicio es problemática. El abastecimiento de agua es irregular y los niveles de tratamiento de aguas residuales son muy bajos<sup>2</sup>, lo que provoca la alta contaminación de los ríos y acuíferos en el Valle.

En este contexto, a raíz de una discusión en agosto de 2010 entre la administración del Estado de México, la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento y el Banco Mundial, se decidió llevar a cabo un estudio sobre la gestión del agua urbana en el Valle de México, cuyos resultados se presentan en este documento.

<sup>1</sup> Una cuenca endorreica es un área en la que el agua no tiene salida fluvial hacia el mar.

<sup>2</sup> Por lo menos, hasta la puesta en función de la planta de tratamiento de aguas residuales de Atotonilco, que permitirá tratar más de un 60% de las aguas residuales del Valle (CONAGUA, 2012c).



## B Objetivos del estudio

Los objetivos del estudio son:

- Analizar el manejo del agua urbana en el Valle de México en el contexto actual, en particular desde el punto de vista de:
  - La composición y sostenibilidad de las fuentes de abastecimiento actuales.
  - El impacto financiero (costo directo) de las prácticas actuales de gestión.
  - La eficiencia en el uso del agua en comparación con buenas prácticas nacionales e internacionales.
  - El impacto económico (costo indirecto para la sociedad) de las prácticas actuales de gestión.
- Proyectar la situación de manejo del agua urbana desde los mismos puntos de vista, al horizonte 2030:
  - En un escenario tendencial, en el cual se mantienen las practicas actuales de gestión.
  - En un escenario “verde”, en el que se llega a un manejo eficiente y equitativo del agua.
- Ofrecer conclusiones y recomendaciones.

## C Alcance geográfico

Conceptualmente este estudio está enfocado en el Valle de México, la cuenca endorreica donde se ubica la mayor parte de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Existen varias definiciones, no siempre consistentes, de la cuenca. Este estudio considera los municipios y las delegaciones políticas del Distrito Federal que participan en el balance hídrico de aguas superficiales y subterráneas, conforme a la metodología de la CONAGUA. El estudio abarca 69 municipios ubicados en los estados de México, Hidalgo y Tlaxcala, así como el Distrito Federal. El anexo VIII B incluye una lista completa de los municipios y sus principales características, mientras que el anexo VIII D incluye un mapa del Valle tal como es definido en este estudio.

## D Metodología, fuentes de información y advertencia

El estudio utiliza dos marcos conceptuales como base para la realización del diagnóstico.

- El *balance físico* está basado sobre el principio de los balances hídricos tradicionales (fuentes y usos); pero se ajusta de manera exclusiva el ciclo del agua urbana, adoptando la terminología de la Asociación Internacional del Agua (IWA, su sigla en inglés) para clasificar los tipos de usos, y separando los mismos entre eficientes e ineficientes. Para la definición de los niveles eficientes se toman de referencia buenas prácticas internacionales.
- El *balance económico y financiero* parte del mismo principio de fuentes y usos pero aplicado a los flujos financieros y económicos en el Valle. Para las fuentes se adapta la terminología de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2009). Los costos financieros se estiman con base en la información públicamente disponible



© Archivo fotográfico del Banco Mundial

(estados financieros); mientras los costos económicos (costos a la sociedad más allá de los costos financieros directos) se valoran según varios métodos descritos en el capítulo correspondiente.

El presente estudio no pretende basarse sobre datos nuevos, sino recopilar y articular datos existentes a nivel federal, estatal y municipal. En particular, se utilizaron los siguientes datos:

- Para los datos de población se utilizó la información del Consejo Nacional de Población (CONAPO); las proyecciones se realizaron según la metodología de la CONAGUA.
- Los datos del balance físico están basados en las cifras de la CONAGUA.
- Para la determinación de la situación actual en los organismos operadores, se hizo una encuesta para la que se recibió información de 19 organismos operadores, los cuales representan el 87% de la población del Valle.
- Además, se realizó una serie de visitas de campo a cinco organismos operadores del Estado de México (Tlalnepantla, Ecatepec, Huixquilucan, Tecámac y Nezahualcóyotl) y al Sistema de Aguas de la Ciudad de México (entidad operadora del Distrito Federal) para levantar información adicional detallada, logrando llevar a cabo un balance hídrico a nivel urbano para dichos seis organismos, que cubren el 66% de la población del Valle. Estos datos fueron extrapolados al resto del Valle para las estimaciones de uso urbano.

En el cuerpo del documento se señala de manera detallada la fuente de cada información o dato. Una lista completa de las referencias bibliográficas se presenta al final del documento. Es importante destacar

que la calidad y confiabilidad de la información disponible, en particular a nivel municipal, es limitada y consecuentemente los resultados del estudio solo se pueden considerar indicativos. Cabe resaltar, sin embargo, que los resultados son robustos con respecto a los parámetros estimados, lo que da una mayor certeza al análisis.

## E Estructura del documento

El documento está estructurado de la siguiente manera:

- El capítulo II (“El Valle de México”) presenta información contextual relevante sobre la situación del agua en el Valle de México, incluyendo tendencias demográficas, esquemas de prestación de los servicios de agua potable y drenaje, desempeño de los organismos operadores y balance hidrológico de la cuenca.
- El capítulo III (“El agua urbana: balance físico”) presenta un balance de las fuentes de agua urbana así como sus usos, en la situación actual.
- El capítulo IV (“El agua urbana: balance financiero y económico”) presenta un balance de los flujos financieros y económicos actuales vinculados con los servicios de agua potable y drenaje en el Valle de México.
- El capítulo V (“Perspectivas a 2030”) proyecta la evolución a 2030 de la situación del punto de vista físico, financiero y económico bajo dos escenarios, uno tendencial (*status quo*) y otro que asume una trayectoria de desarrollo verde.
- El capítulo VI (“Recomendaciones y conclusiones”) resalta los principales resultados del estudio y señala algunas recomendaciones para la consideración de los actores nacionales y locales.

En la parte final del documento se presenta una lista de las referencias usadas en el estudio, así como varios anexos con información más detallada sobre algunos aspectos del estudio.







## II. El Valle de México

### A Contexto general

#### a) Ubicación geográfica y administrativa

El Valle de México es una cuenca endorreica formada por una zona plana correspondiente a los depósitos lacustres, una zona de lomerío y otra montañosa (Breña-Puyol y Breña-Naranjo, 2009). En la zona plana se ubica la mayor parte de la mancha urbana de la zona metropolitana de la Ciudad de México, que se ha multiplicado por 5,4 en los últimos 50 años; recientemente se ha venido urbanizando la zona de lomerío y montaña, lo que reduce las áreas de recarga del acuífero del Valle de México e incrementa los riesgos por inundación, además de los costos de abastecimiento.

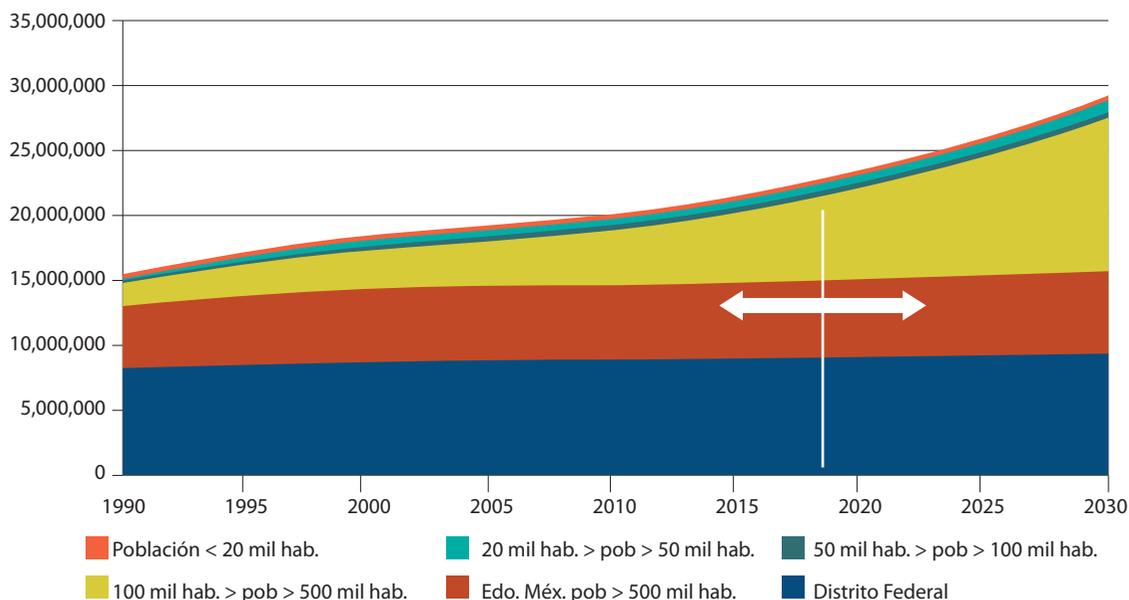
El Valle de México tiene una extensión territorial de 9739 km<sup>2</sup> que comprende 50 municipios del Estado de México, 15 municipios del Estado de Hidalgo y 4 municipios del Estado de Tlaxcala, más las 16 delegaciones políticas del Distrito Federal. El anexo VIII B incluye un listado de los municipios considerados en este estudio (CONAGUA, 2009).

A su vez, dentro de la cuenca del Valle de México se encuentra la zona metropolitana del Valle de México, que abarca 7854 km<sup>2</sup>, incluidos el Distrito Federal (16 delegaciones políticas) y parcialmente el Estado de México (50 municipios) y un municipio del Estado de Hidalgo (SEDESOL-CONAPO- INEGI, 2007).

Para propósitos de planeación, la CONAGUA subdivide la Región Hidrológica XIII en dos subregiones: Valle de México y Tula. En este estudio se aborda la subregión del Valle de México. Para mayor información véase el mapa en el anexo VIII D.



**Gráfico 1. Tendencias de crecimiento demográfico por tamaño de localidad en el Valle de México (1990-2030).**



Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI 2011.

## b) Población

El crecimiento de la población del Valle de México ha sido uno de los más acentuados a nivel mundial. Considerando el área urbana de la zona metropolitana del Valle de México, la mancha urbana aumentó su tamaño 5,4 veces en 50 años, entre 1950 y 2000, y 5,65 veces su población entre 1950 y 2005 (Breña-Puyol y Breña-Naranjo, 2009). Este crecimiento explica en gran medida por qué las capacidades financieras e institucionales de los municipios se han visto rebasadas, así como la propia disponibilidad de agua en la cuenca del Valle de México.

Por otra parte, a pesar de que se identifica a nivel agregado una disminución en el ritmo de crecimiento demográfico del Valle de México, ahora se presentan tendencias de relocalización de población, que tienen un impacto importante en la capacidad de los municipios para prestar servicios de agua y saneamiento.

Por ejemplo, el municipio de Valle de Chalco de Solidaridad, ubicado a costados de la carretera de cuota a la ciudad de Puebla, ha tenido un crecimiento exponencial debido a la transformación de terrenos agrícolas en zonas urbanas. De igual forma, el análisis de los datos censales de 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) indica que Huehuetoca ha crecido en un 292% en los últimos 5 años. En contraste, zonas densamente pobladas como Nezahualcóyotl parecen presentar una estabilización en su población.

Así, se puede observar que mientras algunos municipios presentaron altas tasas de crecimiento demográfico entre 1970 y 2000, en los últimos años han empezado a mostrar una tendencia a la estabilización e incluso a la migración de población hacia otros municipios conurbados. La introducción de vías de comunicación ha provocado que municipios tradicionalmente agrícolas hayan visto proliferar la construcción masiva de viviendas.

El gráfico 1 presenta las tendencias diferenciadas de crecimiento según el rango de población; muestra cómo la población en ciudades de menos de 500 000 habitantes continuará creciendo exponencialmente en las próximas décadas, mientras que la población en ciudades de más de 500 000 habitantes continuará creciendo a tasas muy bajas o se estabilizará.

### c) Uso del suelo

La región de baja pendiente del Valle de México en los estados de Hidalgo y México se utiliza en mayor medida para el desarrollo de la agricultura, tanto de temporada como de riego; sin embargo, el Distrito Federal es donde se han dado los mayores asentamientos humanos, dejando que los cultivos se desarrollen en zonas favorables de menor dimensión, como las chinampas de las delegaciones Xochimilco y Tláhuac, la meseta de Topilejo y Parres, y las laderas de la Sierra Chichinautzin en Milpa Alta. No obstante, también el agroecosistema constituido por la Chinampería ha sufrido fuertes cambios por el avance en Xochimilco y Tláhuac de la mancha urbana (SEMARNAT, 2010).

Del total de la superficie de la zona metropolitana del Valle de México, actualmente el 65,5% de la tierra es de uso urbano (43% del Distrito Federal y 22,5% del Estado de México) y el 34,5% restante es zona rural con usos del suelo agrícola, pecuario, forestal y áreas de conservación (SEMARNAT, 2010).

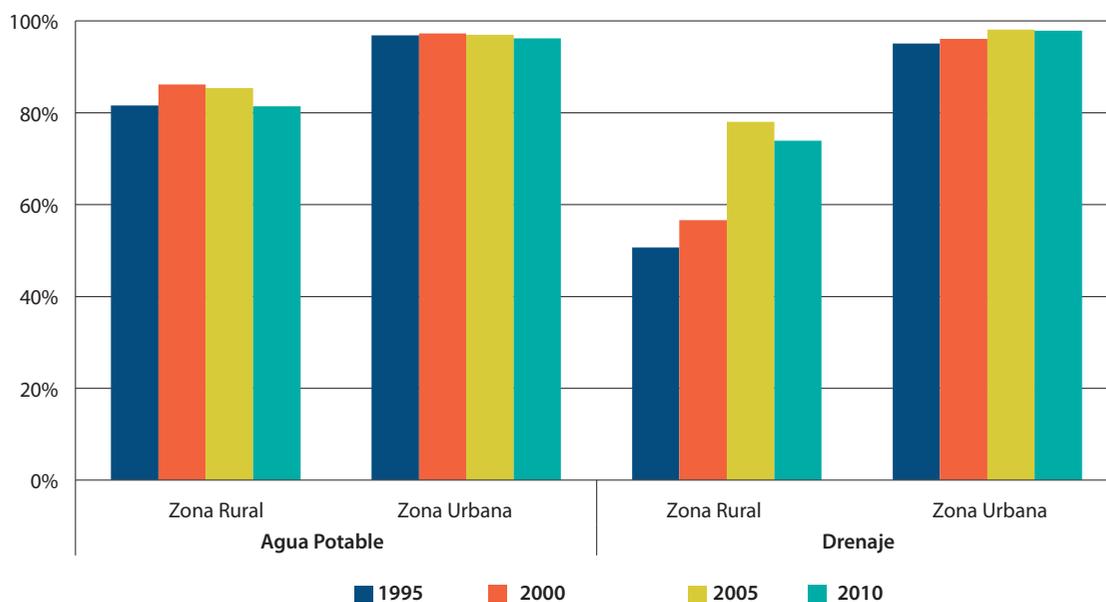
## B Los servicios de agua y saneamiento

### a) Cobertura de servicios de agua y saneamiento

Según el censo 2010 de población en México, el 91,6% de la población del Valle de México tiene servicio de agua potable y un 94,2% tiene servicio de drenaje. Aunque la región cuenta con altas tasas de cobertura de los dos servicios, una fracción importante de la población no recibe el servicio de agua potable de manera continua (24 horas por día los 7 días de la semana). El servicio de agua potable discontinuo, planificado o no, es común en las municipalidades del Valle de México. En el anexo VIII B se incluye el detalle de los porcentajes de cobertura de agua y drenaje para cada una de las localidades.

El gráfico 2 muestra la evolución de los servicios de agua potable y drenaje en el Valle de México para el período 1995-2005.

**Gráfico 2. Evolución de cobertura de agua y drenaje en el Valle de México.**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de CONAGUA (2009 y 2012c).

## b) Los organismos operadores

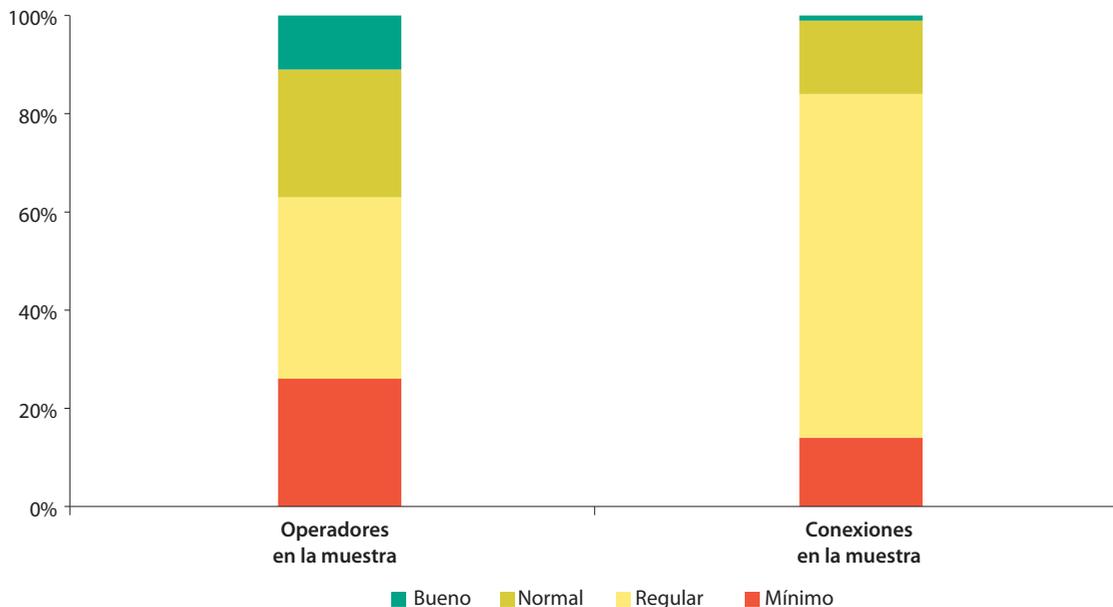
La prestación de los servicios de agua y saneamiento en el Valle (y generalmente en el país) es la responsabilidad de los municipios. Para tal efecto, el Valle de México cuenta con 23 organismos operadores municipales, la mayoría de los cuales opera como organismos descentralizados de la administración municipal. En el Distrito Federal, la prestación de servicios es asumida por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), que sin embargo no opera como organismo descentralizado, sino como dependencia directa de la administración del Distrito Federal.

Los organismos operadores son un elemento fundamental para la gestión eficiente del agua urbana en el Valle de México; sin embargo, los mismos presentan una gran variedad de desempeño en términos de eficiencia física, comercial, cobertura de costos y calidad de servicio.

Con base en la información disponible en los organismos operadores del Valle de México y en particular en la encuesta realizada con el apoyo de la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) y la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento a una muestra representativa de organismos operadores<sup>3</sup>, se procedió a categorizar a los organismos de acuerdo a un índice Apgar propuesto por el programa internacional de benchmarking IB-NET<sup>4</sup> y modificado con base en los indicadores de desempeño utilizados por distintas instituciones en México (véase anexo VIII C para mayores detalles).

Los organismos operadores fueron clasificados en cuatro niveles de eficiencia en función de los indicadores de desempeño: mínimo regular, normal y bueno (véase anexo VIII C para mayores detalles)<sup>5</sup>. En el gráfico 3 se presentan los resultados de la clasificación; se destaca en particular que apenas un 10% de los organismos se pueden considerar como buenos y un 15% como normales según muestra y por conexiones.

**Gráfico 3. Desempeño de organismos operadores en el Valle de México.**



Fuente: Elaboración propia

<sup>3</sup> La muestra incluye 19 organismos operadores, elegidos porque brindan servicio al 87% de la población de la zona.

<sup>4</sup> El índice Apgar evalúa el desempeño operacional, social y financiero de empresas de servicios públicos según cinco o seis indicadores que se definen basándose en el tipo de servicio prestado (Van den Berg y Danilenko, 2010). Una variación de la metodología del índice APGAR se utilizó como sistema de clasificación de organismos operadores en este estudio; véase anexo VIII C para mayores detalles.

<sup>5</sup> La valoración "bueno" no es relativa solo al Valle de México, sino que se tomó como base a organismos operadores que son considerados buenos dentro del contexto general de México (por ejemplo, el Servicio de Agua y Drenaje de Monterrey quedaría en la parte superior del rango, es decir, se presentaría como "bueno").

Es importante mencionar que la disponibilidad de datos para realizar esta clasificación ha sido limitada<sup>6</sup>, por lo que se procedió a utilizar la información más reciente de cada organismo operador y no todos los datos presentados corresponden al mismo año calendario<sup>7</sup>. Sin embargo, se considera que los resultados de la muestra reflejan de manera relativamente fiel la situación actual de los organismos operadores.

Por otro lado, el hecho de que tan solo el 10% de los organismos operadores puedan ser considerados como buenos señala retos importantes en cuanto a una gestión eficiente y de calidad de los servicios de agua y saneamiento en el Valle, lo que se aprecia de manera clara a la hora de evaluar los balances de agua urbana (véanse los capítulos siguientes).

## C Balance hídrico

### a) Las fuentes de agua del Valle de México

Las principales fuentes de agua del Valle de México son los acuíferos locales, unos embalses menores y trasvases desde otras cuencas. Estos en conjunto aportan al Valle de México 81,9 m<sup>3</sup>/s (2583 hm<sup>3</sup>) de agua al año (CONAGUA, 2009), a los cuales se pueden agregar 6,1 m<sup>3</sup>/s de agua de reúso dentro de la cuenca. En el cuadro 1 se muestra la distribución de estas fuentes en metros cúbicos por segundo y en hectómetros cúbicos por año.

**Cuadro 1. Distribución de las fuentes de abastecimiento al Valle de México.**

Fuente	Caudal		
	m <sup>3</sup> /s	hm <sup>3</sup> /año	%
Acuíferos locales	59,5	1875	68%
Sostenibles	31,6	997	36%
Sobrexplotados	27,9	880	32%
Fuentes superficiales locales	2,9	91	3%
Trasvases del sistema Lerma	4,8	151	5%
Trasvases del sistema Cutzamala	14,7	464	17%
Reúso de agua	6,1	192	7%
<b>Total</b>	<b>88,0</b>	<b>2775</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia con base en DOF (2003), CONAGUA (2009) y CCVM (2006).

### Acuíferos locales

El abastecimiento de agua subterránea dentro del Valle de México proviene de siete acuíferos que están mayormente clasificados como acuíferos sobreexplotados por la CONAGUA. Estos acuíferos han estado bajo veda rígida desde 2003. El cuadro 2 indica que todavía existe una alta dependencia de estos recursos

<sup>6</sup> En primer lugar, la definición de algunos indicadores de desempeño no es estándar, razón por la cual al ser métodos de cálculo diferente estos indicadores de desempeño podrían no ser comparables. Luego, para los organismos de la muestra no fue posible contar con todos los indicadores de desempeño del índice Apgar, razón por la cual el mismo tuvo que modificarse.

<sup>7</sup> Los datos obtenidos de la CAEM en los diagnósticos de organismos operadores datan de 2007, mientras que los datos obtenidos en algunas de las visitas de campo y de algunas otras fuentes pueden ser de 2010 e inclusive de 2011, por lo que se optó por tomar los últimos valores registrados de los indicadores de desempeño de interés para el estudio en cada uno de los organismos operadores de la muestra.

hídricos sobreexplotados para abastecer a la región. Cabe destacar en particular que el acuífero de la zona metropolitana de la Ciudad de México se encuentra con un déficit anual de 22,6 m<sup>3</sup>/s (713 hm<sup>3</sup> por año) lo cual confirma la grave situación en la que se encuentra este acuífero.

**Cuadro 2. Balance hídrico de los acuíferos locales que abastecen al Valle de México (m<sup>3</sup>/s).**

Acuíferos	Recarga media anual	Descarga natural comprometida	Volumen concesionado	Disponibilidad/déficit	
				m <sup>3</sup> /s	hm/año
Zona metropolitana de la Ciudad de México	16,3	0,0	38,9	-22,6	-713
Tecocomulco	0,9	0,0	0,0	0,8	26
Apan	5,0	2,8	0,3	1,9	59
Chalco-Amecameca	2,5	0,1	2,9	-0,5	-16
Texcoco	5,1	0,3	6,3	-1,6	-49
Cuautitlán-Pachuca	6,4	0	10,5	-4,1	-129
Soltepec	2,9	1,3	0,6	1,1	33
<b>Total</b>	<b>39,1</b>	<b>4,6</b>	<b>59,5</b>	<b>-25,0</b>	<b>-788</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de CONAGUA.

La presión sobre los acuíferos es constante y la tendencia al crecimiento de las ciudades se traduce en una tendencia a aumentar la extracción. En cierta medida, se intercambian volúmenes de agua con el sector agrícola al comprar derechos de dicho sector para el desarrollo de vivienda; pero no hay acciones eficaces para revertir el desequilibrio, puesto que la vigilancia de los volúmenes extraídos es insuficiente y los patrones de extracción e infiltración cambian radicalmente al cambiar el uso del agua y del suelo.

Entre otros aspectos, la sobreexplotación de agua en los acuíferos del Valle causa el hundimiento del Distrito Federal y otros municipios, el cual varía entre 6 y 28 centímetros anuales (Escolero, Martínez y Kralisch, 2009). Aunque no existen cifras confiables sobre los costos que dicho hundimiento origina, es fácil deducir que son enormes si se considera que:

- El hundimiento provoca que las redes de agua potable y de drenaje sufran fallas frecuentes: las primeras se fracturan mientras que las segundas pierden su pendiente. En el primer caso, 25% del agua potable se desperdicia en pérdidas físicas<sup>8</sup>. En tanto para evitar las inundaciones ocasionadas por la falta de pendiente ha sido necesario construir y operar el Drenaje Profundo así como costosos sistemas de bombeo. Puesto que el hundimiento continúa, se seguirán requiriendo enormes inversiones de este tipo (Jiménez y Marín, 2005).
- Los costos para corregir fallas en los edificios de la ciudad son también cuantiosos. Un ejemplo es el de la Catedral de la Ciudad de México en la que se ha invertido, hasta el año 2000, US\$32,5 millones para nivelarla (Jiménez y Marín, 2005)
- Las inversiones para nivelar periódicamente las vías del Metro son cada vez más importantes (Jiménez y Marín, 2005)

<sup>8</sup> Según estimaciones de este estudio. Véase III Cb) para mayores detalles. Otras fuentes estiman valores mayores.

### Agua superficial local

Originalmente, la cuenca del Valle de México estaba compuesta por un sistema lacustre de casi 2000 kilómetros cuadrados. Al pasar los años y conforme ha avanzado la mancha urbana, los cuerpos se han reducido de manera tal que actualmente los principales embalses en el valle abarcan una superficie de 15,6 kilómetros cuadrados (CONAGUA, 2009). Gran parte de las aguas superficiales presentan altos grados de contaminación por las descargas de aguas residuales que reciben a lo largo de su cauce, como es el caso del Río de la Compañía. No obstante, a pesar de la radical transformación que ha sufrido la antigua cuenca lacustre, donde se asienta la ciudad de México, todavía prevalecen algunos ríos, como es el caso del río Magdalena, y presas de las cuales se obtiene agua derivada de manantiales y corrientes pluviales que abastecen la urbe.

El río Magdalena abastece al Distrito Federal y la presa Madín al Estado de México. Ambas poblaciones se benefician también de manantiales. En conjunto, estas fuentes aportan 2,9 m<sup>3</sup>/s de agua, de los cuales el 59% (1,7 m<sup>3</sup>/s) está destinado para el consumo urbano (CCVM, 2006) mientras que el 17% (0,5 m<sup>3</sup>/s) y el 24% (0,7 m<sup>3</sup>/s) restantes son utilizados con fines agrícolas e industriales respectivamente. El sistema de abastecimiento de la Ciudad de México también incluye el aprovechamiento de 18 manantiales que en conjunto aportan 0,8 m<sup>3</sup>/s o 25 hm<sup>3</sup>/año del agua urbana (Gobierno del Distrito Federal, 2008).

### Trasvases

Dos fuentes importantes para abastecer la subregión del Valle de México son los trasvases de agua traídos por el sistema Lerma y el sistema Cutzamala. Juntos, los dos sistemas proveen un 24% del agua que entra a dicha subregión, 14,7 m<sup>3</sup>/s (151 hm<sup>3</sup>/año) del sistema Cutzamala administrado por la CONAGUA y 4,8 m<sup>3</sup>/s (464 hm<sup>3</sup>/año) del sistema Lerma administrado por el Gobierno del Distrito Federal (CCVM, 2006). Ambas fuentes se usan exclusivamente para agua urbana.

El sistema Lerma comenzó a operar en 1951. Así, este sistema beneficia a los municipios del Distrito Federal entre otras regiones, extrayendo agua subterránea del acuífero del río Lerma. El agua es conducida hacia la Ciudad de México por el túnel Atarasquillo-Dos Ríos. Debido a la sobreexplotación del acuífero, el caudal entregado al Distrito Federal se redujo el 14% en el período 2003-08 (CONAGUA, 2009). En el cuadro 3 se presenta con mayor detalle la condición geohidrológica de sobreexplotación de los acuíferos externos que abastecen a la subregión del Valle de México a través del sistema Lerma.

**Cuadro 3. Condición geohidrológica de los acuíferos del Estado de México (subregión Alto Lerma).**

Acuífero	Volumen concesionado (m <sup>3</sup> /s)	Recarga (m <sup>3</sup> /s)	Descarga natural comprometida (m <sup>3</sup> /s)	Déficit (m <sup>3</sup> /s)	Condición geohidrológica
Valle de Toluca	10,4	10,7	1,7	-1,5	Sobreexplotado
Ixtlahuaca-Atzacomulco	3,7	3,8	0,6	-0,5	Sobreexplotado
<b>Total</b>	<b>14,1</b>	<b>14,4</b>	<b>2,3</b>	<b>-1,9</b>	

Fuente: Elaboración propia con base en datos de DOF 2003.

El sistema Cutzamala fue construido en la década de 1970 para apoyar al sistema Lerma que se encontraba, ya en este tiempo, con recursos hídricos agotados. Hoy en día, el sistema Cutzamala abastece a 11 delegaciones del Distrito Federal y una docena de municipios del Estado de México; es uno de los sistemas de abastecimiento de agua potable más grandes del mundo, no solo por la cantidad de agua que suministra (aproximadamente 15,4 m<sup>3</sup>/s), sino por el desnivel (1100 metros) que se vence (CONAGUA, 2010). El bombeo del sistema, necesario para vencer el desnivel, ocasiona un significativo consumo de electricidad. En 2008, la electricidad empleada fue de 1,29 teravatios por hora, lo que representó el 0,56%

de la generación total de energía eléctrica del país, y su costo fue de \$1844 millones. Por comparación, el costo representó el 6,4% del presupuesto ejercido de la CONAGUA para ese mismo año (CONAGUA, 2010). Este sistema aprovecha los volúmenes de agua superficial del río Cutzamala y está formado por las presas Tuxpan y Bosque en Michoacán; Colorines, Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Villa Victoria y Chilesdo, en el Estado de México (CONAGUA, 2010).

El volumen de entrega total de agua potable del sistema Cutzamala oscila entre 14,7 m<sup>3</sup>/s (464 hm<sup>3</sup>/año) y 15,3 m<sup>3</sup>/s (483 hm<sup>3</sup>/año), el cual es aprovechado para el uso urbano (CONAGUA, 2010). De todas las fuentes de agua de este sistema, la presa de Valle de Bravo es la que presenta mayor riesgo de contaminación debido a las descargas residuales ilegales.

### **Reúso de agua**

Con una producción del orden de 52 m<sup>3</sup>/s (1640 hm<sup>3</sup>/año) de aguas residuales en el Valle de México, el tratamiento de estas podría representar una fuente potencial de agua. A pesar de esto, actualmente solo un poco más de un 12% o 6,1 m<sup>3</sup>/s (192 hm<sup>3</sup>/año) de esta cantidad es tratada y reutilizada dentro del Valle para uso público urbano (2,1 m<sup>3</sup>/s o 66 hm<sup>3</sup>/año), industrial (0,5 m<sup>3</sup>/s o 16 hm<sup>3</sup>/año) y agrícola (3,2 m<sup>3</sup>/s o 101 hm<sup>3</sup>/año). Las aguas servidas son tratadas con ayuda de 102 plantas de tratamiento operadas por los varios Gobiernos del Valle, con una capacidad total instalada de tratamiento de 10,9 m<sup>3</sup>/s. El resto y mayor parte del agua de reúso es transportada sin tratamiento<sup>9</sup> desde la cuenca hasta el Valle del Mezquital, para la irrigación de campos agrícolas (Heath y Philippe, 2012), (CONAGUA, 2012c).

## **b) Los usos del agua**

El agua en la región se destina para múltiples usos, como el uso agrícola, público urbano e industrial. Por la creciente población de la zona metropolitana, el uso público urbano predomina en la cuenca, a diferencia de otras cuencas del país. En total se usan 88,0 m<sup>3</sup>/s (2774 hm<sup>3</sup>/año) de agua, de los cuales 66,8 m<sup>3</sup>/s (2105 hm<sup>3</sup>/año) corresponden al uso público urbano, y tan solo 16,1 m<sup>3</sup>/s (508 hm<sup>3</sup>/año) al uso agrícola y 5,1 m<sup>3</sup>/s (161 hm<sup>3</sup>/año) al uso industrial (CCVM, 2006).

### **Uso agrícola**

Dos distritos de riego de la Región XIII se ubican dentro de la subregión del Valle de México: La Concepción y Chiconautla, que en conjunto suman menos del 5% de la superficie bajo riego de toda la región (2340 hectáreas en 2008) y han visto reducir su área bajo riego en 63% y 40% respectivamente entre 1998 y 2008 (CONAGUA, 2009); el 95% restante, correspondiente a los distritos de riego de Ajacuba, Alfajayucan y Tula, se ubica en la subregión Tula y depende en gran medida de los retornos de agua residual de la zona metropolitana del Valle de México.

### **Usos público urbano e industrial**

Siendo la región de mayor importancia económica y social del país, la región del Valle de México usa una gran parte de sus recursos hídricos para abastecer a los sectores públicos urbanos e industriales que se encuentran en mayor concentración en la zona metropolitana del Valle de México, donde hay más de 19 millones de habitantes y en donde se genera el 32% del producto interno bruto manufacturero del país

<sup>9</sup> Con la puesta en operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Atotonilco, con una capacidad de tratamiento de 23 m<sup>3</sup>/s en estiaje y 12 m<sup>3</sup>/s adicionales en época de lluvia, y ahora en construcción, se llegará a tratar una parte significativa de dichas aguas residuales.



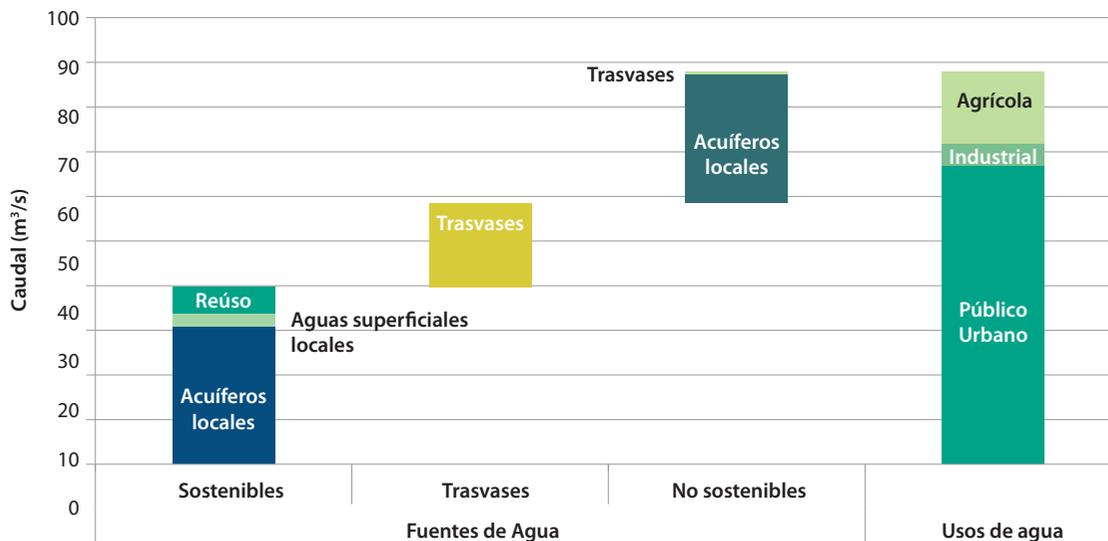
© Archivo fotográfico de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

(Morelos Novelo y Rodríguez Tapia, 2007). El próximo capítulo examinará más detalladamente el uso del agua urbana en la subregión del Valle de México.

### c) Balance hídrico

El gráfico 4 presenta, de forma resumida y condensada, un balance de fuentes y usos en el Valle de México, y muestra en particular la situación preocupante de las fuentes, un tercio de las cuales no son sostenibles; así como el hecho de que aún se usa casi una quinta parte del agua en el Valle para riego con fines agrícolas, cuando el costo marginal del agua es sumamente alto.

**Gráfico 4. Balance de fuentes y usos para la subregión del Valle de México.**



Fuente: Elaboración propia con base en DOF (2003), CONAGUA (2009) y CCVM (2006).



# III. El agua urbana: balance físico

## A Perspectiva general

Cualquier lineamiento asociado con el uso eficiente del agua requiere, en primer lugar, de una adecuada contabilidad del agua, entendida esta como la cuantificación en términos volumétricos de los diversos usos que se dan al recurso hídrico dentro de una zona geográfica definida; pero en este caso, no con la visión tradicional del balance hidrológico, sino con una visión que busca identificar las posibles ineficiencias en el uso del agua en los centros urbanos localizados en el Valle de México, ya que representan una gran parte del uso de agua en la región. Para esto se adoptó la metodología del balance hídrico estándar de la IWA.

Para el desarrollo de este tipo de balance hídrico se parte del volumen de agua que ingresa al sistema de distribución de diferentes fuentes, para luego establecer los consumos facturados por los organismos operadores, que pueden ser medidos o no. Posteriormente se establecen los consumos no facturados por los organismos operadores, que al igual que en el caso anterior, pueden estar medidos o no. A continuación, se estiman los consumos ilegales y los errores de medición y lectura, lo que se conoce como pérdidas comerciales en la terminología de la IWA. Finalmente, se obtiene de este ejercicio el volumen de las pérdidas físicas como la diferencia entre el volumen que ingresa al sistema y la suma de todos los consumos y las pérdidas comerciales.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a la extrapolación de la situación encontrada en una muestra de seis operadores —SACM, Ecatepec de Morelos, Nezahualcóyotl, Naucalpan, Huixquilucan y Tecámac— que representan el 66% de las concesiones de agua y de la población total del Valle de México. Se consideró lo siguiente: i) dada la alta cobertura de micromedición del SACM, el balance hídrico no requirió ningún tipo de ajuste, lo cual lo hace incomparable con los otros sistemas dentro de la zona de análisis; ii) para las municipalidades diferentes al Distrito Federal, la aproximación elegida consistió en asignar un peso porcentual a cada uno de los componentes del balance hídrico, el cual se obtuvo de la relación entre los volúmenes agregados para cada uno de ellos en los sistemas de la muestra sin el SACM y el volumen total inyectado en los sistemas de la muestra sin el SACM, y iii) los pesos porcentuales se aplicaron al volumen estimado total que ingresa en la zona descontado el del SACM, obteniendo así el balance para los municipios del Valle de México diferentes al Distrito Federal.



## B Las fuentes de abastecimiento urbano

Los sistemas de suministro de agua potable de los centros urbanos del Valle de México emplean para su abastecimiento tanto las aguas subterráneas como las superficiales<sup>10</sup>. Sin embargo, al momento de definir los volúmenes de agua que ingresan a estos sistemas es notable encontrar que los dispositivos de macromedición solo existen en los sistemas regionales operados por la CAEM y la CONAGUA, con una muy baja cobertura de macromedición en los pozos profundos operados directamente por los organismos operadores.

En la mayoría de los casos, los organismos operadores no tienen un registro confiable del agua que inyectan al sistema y desconocen el rendimiento real de sus pozos, algo preocupante teniendo en cuenta los altos niveles de sobreexplotación de los acuíferos en el Valle de México. Pero aun en los sistemas que cuentan con algún tipo de macromedición, la gestión de los datos de los caudales inyectados es casi inexistente, por lo que la confiabilidad de estos es relativamente baja. En el cuadro 4 se muestran las principales fuentes de abastecimiento de agua potable en el Valle de México.

**Cuadro 4. Principales fuentes de abastecimiento de agua potable del Valle de México (m<sup>3</sup>/s).**

Fuente	Caudal (m <sup>3</sup> /s)			
	Sostenible	No sostenible	Total	
Acuíferos locales	22,9	20,5	<b>43,4</b>	<b>65%</b>
Aguas superficiales	1,7	-	<b>1,7</b>	<b>3%</b>
Trasvases Lerma	4,2	0,7	<b>4,8</b>	<b>7%</b>
Trasvases Cutzamala	14,7	-	<b>14,7</b>	<b>22%</b>
Reúso del agua	2,1	-	<b>2,1</b>	<b>3%</b>
<b>Total</b>	<b>45,6</b>	<b>21,1</b>	<b>66,8</b>	
	<b>68%</b>	<b>32%</b>		

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA (2009) y CCVM (2006).

### a) Agua subterránea

El 72% del agua urbana de la subregión del Valle de México proviene de siete acuíferos; de este porcentaje, el 42% proviene de la extracción insostenible de gran parte de estos acuíferos. Los cuatro acuíferos del Valle de México que presentan sobreexplotación son: zona metropolitana de la Ciudad de México, Chalco-Amecameca, Texcoco y Cuautitlán-Pachuca. En el cuadro 2 se presenta un resumen de la situación hidrológica de los acuíferos locales que se usan para abastecer agua al Valle de México.

### b) Fuentes superficiales

Fuentes de abastecimiento de agua relativamente menores, pero importantes a nivel local, se derivan de las aguas superficiales de la cuenca, en gran medida represas de pequeños ríos y manantiales superficiales. El agua superficial de la cuenca del Valle de México contribuye solo con alrededor del 3% (1,7 m<sup>3</sup>/s) al abastecimiento de agua urbana de la zona metropolitana del Valle de México.

<sup>10</sup> Véase el capítulo anterior para información detallada sobre cada fuente de abastecimiento.



© Archivo fotográfico de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

### c) Trasvases desde otras cuencas

La subregión del Valle de México recibe principalmente trasvases de dos sistemas: el sistema Cutzamala (agua superficial) y el sistema Lerma (agua superficial y subterránea). Para mayores detalles, refiérase al párrafo “Trasvases” del capítulo II C. El agua de estos trasvases se usa exclusivamente para agua urbana.

### d) Agua de reúso

De los 6,1 m<sup>3</sup>/s de agua tratada al año (192 hm<sup>3</sup>/año), 2,1 m<sup>3</sup>/s (66 hm<sup>3</sup>/año) son aprovechados para uso urbano (principalmente para llenar lagos recreativos y canales).

## C Los usos del agua urbana

En la gran mayoría de los organismos operadores asentados en el Valle de México es habitual encontrar un registro desactualizado de sus usuarios y un bajo nivel de cobertura de la micromedición, lo que crea un gran reto a la hora de cuantificar los consumos de estos sistemas.

La categorización empleada en este estudio, que sigue la clasificación de la IWA, se ha orientado hacia la eficiencia en el uso del agua, entendida esta como el uso en cantidades adecuadas del recurso hídrico que permita satisfacer completamente las necesidades de la población abastecida y de sus necesidades productivas.

En este estudio se consideran las categorías de consumos que se describen a continuación, que a su vez se pueden clasificar en eficientes e ineficientes, definiendo la porción eficiente como los niveles de uso correspondientes a situaciones de buenas prácticas, y la porción ineficiente como los niveles correspondientes al sobreuso<sup>11</sup>. Los párrafos siguientes describen con mayores detalles los supuestos correspondientes.

### Cuadro 5. Principales usos del agua urbana en el Valle.

	Caudal (m <sup>3</sup> /s)			
	Eficiente	Ineficiente	Total	
<b>Consumo autorizado</b>	30,2	10,4	<b>40,6</b>	<b>61%</b>
<b>Pérdidas físicas</b>	10,4	6,6	<b>17,0</b>	<b>25%</b>
<b>Pérdidas comerciales</b>	4,0	5,2	<b>9,2</b>	<b>14%</b>
<b>Total</b>	<b>44,6</b>	<b>22,2</b>	<b>66,8</b>	
	67%	33%		

Fuente: Elaboración propia.

#### a) Consumos autorizados

De acuerdo con la definición de Alegre y otros (2006), los consumos autorizados corresponden al volumen de agua medido o no medido, consumido por los usuarios registrados como activos en la base de datos comercial de la empresa, por la misma empresa y por otros usuarios quienes están implícita o explícitamente autorizados por el operador del sistema para uso doméstico, comercial e industrial; incluye también el agua exportada.

El consumo autorizado incluye ítems como el control de incendios y prácticas de entrenamiento para este fin, lavado de tuberías de agua y drenaje, limpieza de calles, riego de jardines y parques municipales, plazas y fuentes públicas y agua para construcción. Esta puede ser facturada o no, medida o no, de acuerdo con prácticas locales. También incluye las fugas y desperdicios de los usuarios activos sin medición. En el cuadro 6 se describen los usos consuntivos del agua urbana en la subregión del Valle de México, incluidos los valores de eficiencia.

En el caso de los usos medidos se considera en este estudio que, en sistemas donde la señal tarifaria es clara, y se reconoce que el agua es un recurso escaso con un precio de venta que así lo indica, el consumo per cápita se acerca a los 125 litros diarios por persona (según las empresas prestadoras SABESP [brasileña], EPM y EAAB [colombianas]), que para un índice de hacinamiento de 4, lleva a un consumo próximo a los 15 m<sup>3</sup>/mes. Esta hipótesis se puede validar al contrastarla con el consumo promedio del sistema de aguas de Monterrey, de 130 litros diarios por persona (SADM, 2011)<sup>12</sup>. Así pues, cualquier consumo medido por encima de este umbral se considera en este estudio como ineficiente, teniendo en cuenta la escasez de agua del Valle de México.

Para los usuarios domésticos no medidos o de cuota fija, se asume en este estudio un umbral eficiente de 20 m<sup>3</sup>/mes que resulta del incremento del consumo eficiente medido en un 30%. Este valor se toma de estudios similares en la región.

En el caso de los consumos no facturados no medidos se consideraron como eficientes los usos operacionales, y como ineficientes los consumos de los usuarios públicos (Gobierno); pues se esperaría que estos se midan y se controle su consumo hasta alcanzar niveles eficientes.

<sup>11</sup> Este punto es importante: este estudio no pretende que toda pérdida de agua, ya sea física o comercial, sea ineficiente, sino que reconoce que existen niveles de pérdidas por debajo de los cuales no es técnicamente factible o económicamente viable estar, y los mismos no se cuantifican como ineficientes.

<sup>12</sup> Véase anexo VIII A para mayores detalles.

**Cuadro 6. Eficiencia de los consumos autorizados en el Valle de México.**

Consumos autorizados	Descripción	Gasto (m <sup>3</sup> /s)		
		Ineficiente	Eficiente	Total
<b>Consumos facturados medidos</b>	Consumos domésticos, comerciales, industriales y del Gobierno de los usuarios con contrato activo en la base de datos del organismo operador en los que se cuenta con micromedidor de agua, y en los que el volumen facturado se obtiene por diferencia de lectura.	4,3	10,7	<b>15,0</b>
<b>Consumos facturados no medidos</b>	Consumos domésticos, comerciales, industriales y del Gobierno de los usuarios con contrato activo en la base de datos del organismo operador en los que no se cuenta con micromedidor de agua, y que se facturan por estimación o cuota fija.	6,0	17,0	<b>23,0</b>
<b>Consumos no facturados no medidos</b>	Donaciones, consumos operacionales (lavado de tuberías de acueducto y drenaje, apagado de incendios, suministro de agua por camiones cisterna durante las fallas del sistema) y los usuarios del Gobierno.	0,2	0,4	<b>0,6</b>
<b>Agua de reúso</b>	Usos recreativos y ornamentales (riego de parques y llenado de lagos en la ciudad); cabe notar que esta categoría no pasa por los sistemas de distribución tradicionales del agua urbana	0	2,1	<b>2,1</b>
<b>Total</b>		<b>10,4</b>	<b>30,2</b>	<b>40,6</b>

Fuente: Elaboración propia.

## b) Pérdidas físicas

Las pérdidas físicas están asociadas con las fugas y reboses en los tanques de almacenamiento, las fugas visibles y no visibles en redes de conducción y las fugas visibles y no visibles en redes y tomas de servicio. De los resultados del balance hídrico para el Valle de México se estima que las pérdidas físicas alcanzan los 17,0 m<sup>3</sup>/s (537 hm<sup>3</sup>/año).

En el caso de este estudio, se tomó como umbral eficiente los 400 litros diarios por toma, a los que se debería llegar si se implementara un manejo (operación y mantenimiento) más eficiente de la infraestructura actual<sup>13</sup>, lo que permitiría llegar a un volumen eficiente de pérdidas de 10,4 m<sup>3</sup>/s (328 hm<sup>3</sup>/año).

## c) Pérdidas comerciales

Las pérdidas comerciales se presentan cuando el agua que está siendo utilizada o consumida no es satisfactoriamente medida o facturada e incluyen todos los tipos de inexactitudes asociadas con la información de los clientes, los medidores y los procesos de lectura y facturación; además, incluye los consumos no autorizados (fraudes y clandestinos) (Alegre y otros, 2006). En el cuadro 7 se incluye un detalle de cada una de las pérdidas comerciales.

Cabe notar que el nivel de cobertura de micromedición en los organismos operadores del Valle de México, con excepción del SACM, es muy bajo, por lo que se tiene un nivel muy alto de servicios directos (sin medidor) que se facturan a una tarifa fija. El problema es que en el cálculo de la cuota fija no se considera el volumen, por lo que en algunos sistemas analizados el monto de facturación es el mismo, aunque el volumen utilizado por cuota fija pueda ser 4 veces mayor al volumen utilizado por servicio medido para un cliente doméstico.

<sup>13</sup> Sistemas eficientes en el primer mundo pueden llegar a tener niveles de pérdidas físicas de hasta 100 litros diarios por toma, pero considerando el estado actual de la infraestructura de abastecimiento de agua en el Valle de México, llegar a valores tan bajos requeriría de grandes inversiones, difíciles de justificar teniendo en cuenta la calidad del servicio actual.

Lo paradójico de la situación anterior es que, desde el punto de vista económico, es muy beneficioso para los usuarios pasar de una tarifa fija a un servicio medido, pero no así para los organismos operadores, pues con esto perderían una parte importante de sus ingresos. Esto podría explicar la falta de interés de los organismos en aumentar la medición. No obstante, es importante destacar que, al momento de tomar la decisión de ampliar la cobertura de la medición, los organismos operadores deben contar con los recursos para la lectura y el mantenimiento de los medidores, pues de lo contrario estos se convierten en una carga que pronto se deja olvidada por falta de recursos.

Además, para los consumos en zonas de invasión o que se encuentran fuera del área de servicio del organismo operador, se asume un desperdicio del 60% del volumen total sobre la base de mediciones en situaciones similares.

En cuanto a los errores de medición, la estimación que se realizó para este estudio es del 15% de subcontaje, que se puede explicar por la clase metrológica de los medidores en uso (clase B según la ISO 4064:1993) y la presencia de cisternas y tinacos para el almacenamiento del agua. Dado que los principios de la gestión integral de la medición en México son poco conocidos, se asumió que este es el nivel eficiente, pues para su disminución se debe incurrir en inversiones importantes, que seguramente estarán orientadas en los próximos años a la ampliación de la cobertura y al aumento de la exactitud de la medición.

Los altos niveles de error en el manejo de la información de los usuarios y los datos de la lectura son elementos presentes en todos los sistemas analizados de la muestra. En este caso el umbral eficiente se fijó en el 1% del volumen total medido.

#### Cuadro 7. Eficiencia de las pérdidas comerciales en el Valle de México.

Pérdidas comerciales	Descripción	Gasto (m <sup>3</sup> /s)		
		Eficiente	Ineficiente	Total
<b>Consumo no autorizado (ilegal)</b>	Manipulación de medidores y de las tomas de servicio de los usuarios activos en la base de datos comercial del organismo operador. Conexiones ilegales en usuarios no registrados en la base de datos comercial dispersos o en asentamientos precarios.	2,3	3,5	<b>5,8</b>
<b>Errores de lectura e inexactitudes en la información de los clientes</b>	En este componente se consideran los errores relacionados con la captura, procesamiento y aplicación de la información del cliente en el proceso de facturación.	0,2	1,7	<b>1,9</b>
<b>Errores de medición</b>	El comportamiento metrológico de los medidores de agua se ve afectado por el deterioro de sus partes, que lleva al subregistro o sobregistro de los consumos; así como por la selección inadecuada del diámetro y problemas con su instalación.	1,5	0,0	<b>1,5</b>
<b>Total</b>		<b>4,0</b>	<b>5,2</b>	<b>9,2</b>

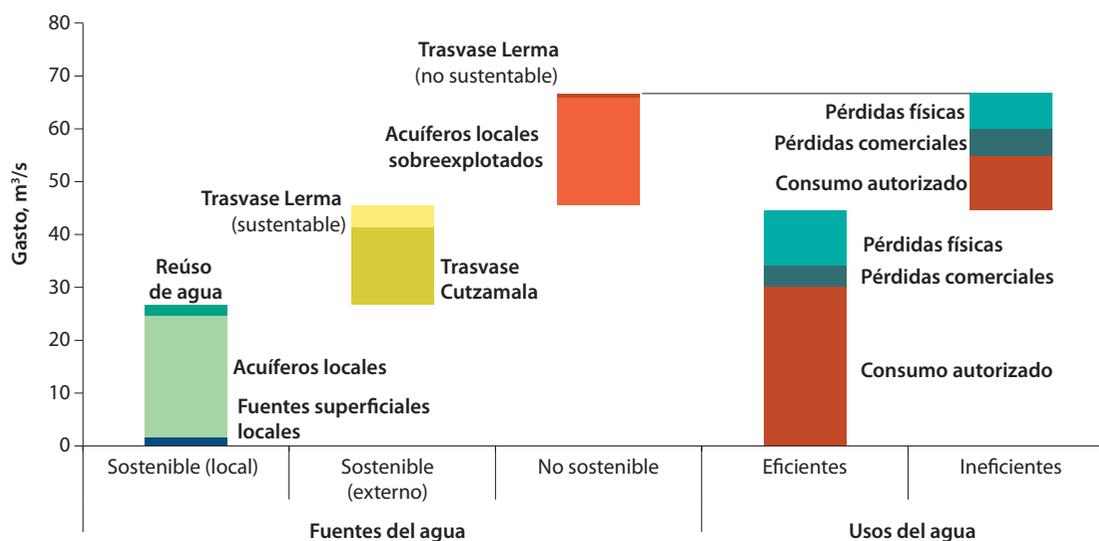
Fuente: Elaboración propia.

## D Balance general

El volumen inyectado de agua urbana a la subregión del Valle de México asciende a los 64,7 m<sup>3</sup>/s (2040 hm<sup>3</sup>/año) proveniente en su mayoría de acuíferos, más 2,1 m<sup>3</sup>/s (66 hm<sup>3</sup>/año) de agua de reúso dentro de la cuenca. No obstante, es preocupante la condición de sobreexplotación de 4 de los 7 acuíferos locales y externos, que globalmente alcanzan un déficit de 25 m<sup>3</sup>/s; sobre todo cuando existen usos ineficientes de aproximadamente 19,9 m<sup>3</sup>/s.

Por otro lado, las pérdidas físicas para el Valle de México representan aproximadamente 17,0 m<sup>3</sup>/s (537 hm<sup>3</sup>/año) o 26% del volumen total que se inyecta, pero este valor podría ser mucho mayor si se considera

**Gráfico 5. Desagregación de los usos del agua en el Valle de México.**



Fuente: Elaboración propia.

que casi todos los sistemas en esta región tienen problemas de continuidad del servicio y mal estado de su infraestructura. El deterioro de esta infraestructura se demuestra en los niveles de pérdidas físicas cuyos valores alcanzan los 570 a 650 litros diarios por toma, cuando según la IWA los sistemas con infraestructura en buenas condiciones de operación y mantenimiento alcanzan valores inferiores a 25 litros diarios por toma.

En el gráfico 5 se presenta la desagregación de los diferentes usos del agua y su comparación con el volumen de agua que se inyecta a los sistemas, pero clasificados en eficiente e ineficiente.

## E Conclusiones

Los organismos operadores no cuantifican adecuadamente su operación. La orientación de los organismos operadores del área de estudio al seguimiento de lo facturado y no a los volúmenes de agua producidos y realmente consumidos propicia el uso ineficiente del agua en un contexto de escasez.

El nivel de cobertura de micromedición en los organismos operadores del Valle de México, con excepción del SACM, es muy bajo. Se tiene un nivel muy alto, 23,0 m³/s (725 hm³/año), de servicios directos (sin medidor) que se facturan a una tarifa fija. Esto genera diversos problemas, como una baja confiabilidad en los valores del volumen de agua que realmente se distribuyen e incentivos perversos al consumidor.

Las pérdidas físicas alcanzan valores de 17,0 m³/s (538 hm³/año). Estas pérdidas están asociadas con la baja calidad de la infraestructura, por lo que se deben implementar estrategias a corto, mediano y largo plazo para reducirlas.

El 33% del consumo actual se puede considerar como ineficiente. Esta situación se ve reflejada en pérdidas físicas y comerciales ineficientes del orden de 6,6 m³/s, y 5,2 m³/s respectivamente, pero en gran medida por el desperdicio autorizado de 10,4 m³/s. El volumen de agua que se pierde (22,2 m³/s) es debido a ineficiencias en la gestión de la oferta y de la demanda en comparación con buenas prácticas. Lo anterior es muy preocupante cuando se tiene un uso de fuentes insostenible del orden de 21,1 m³/s, por lo que se plantea un reto importante para el sector del agua en el Valle de México; especialmente cuando lo que está en juego es el desarrollo sostenible de esta región.



# IV. El agua urbana: balance financiero y económico

## A Perspectiva general

Para complementar el balance físico del capítulo anterior, se elabora un balance financiero y económico. La cuantificación de este balance se hace no solo desde el punto de vista de los operadores y del Gobierno (balance financiero), sino desde el punto de vista de la sociedad como un todo (balance económico). En términos financieros, se cuantifican los recursos y los costos tal como son recibidos y pagados por los operadores, mientras que en términos económicos, el balance incluye todos los costos que genera la actual prestación del servicio; no solo los del operador, sino también los costos adicionales asumidos por la población para hacer frente a los problemas de falta de conexión, de interrupciones del servicio o de falta de saneamiento; así se incluyen todos los costos del servicio que están siendo asumidos por el Gobierno vía impuestos.

Como el capítulo anterior, este balance se basa en el estudio de una muestra de seis operadores: SACM, Ecatepec de Morelos, Nezahualcóyotl, Naucalpan, Huixquilucan, y Tecámac, que representan el 66% de las concesiones de agua y de la población total. Los resultados se ponderan para encontrar la situación agregada en el Valle de México. La extrapolación se hace de la siguiente manera: i) la producción y el volumen consumido se toma de los resultados del balance hídrico para el Valle de México; ii) los ingresos se estiman con la tarifa media ponderada de los operadores de la muestra por el volumen consumido; iii) los costos operativos se estiman como el costo de producción promedio ponderado de los operadores de la muestra, y iv) los costos de inversión corresponden al nivel de inversión anual en el sector en el Valle de México de acuerdo con información de la CONAGUA.



## B Las fuentes de financiamiento

La financiación del servicio de agua y saneamiento por lo general proviene de tres fuentes: tarifas, impuestos, y transferencias<sup>14</sup>. Las tarifas corresponden al pago que los consumidores hacen por el servicio; los impuestos los recauda el Gobierno y los utiliza para financiar parcialmente el servicio, y las transferencias provienen de fuentes externas al país<sup>15</sup>. En el caso del Valle de México, las fuentes de financiación del sector de agua y saneamiento se componen exclusivamente de tarifas e impuestos. Los operadores no reciben transferencias provenientes de ayudas externas. Las tarifas se componen de: i) tarifas pagadas por los usuarios por la utilización del servicio; ii) tarifas pagadas por los operadores por el agua en bloque; iii) los derechos, otro tipo de tarifa, pagada por los operadores por dos conceptos: uso del agua y descarga de las aguas residuales. Ambos tipos de derechos son recaudados por la CONAGUA y luego trasladados a los operadores para la financiación de infraestructura hidráulica. Los impuestos provienen del Gobierno (federal, estatal y municipal) y son también utilizados para el financiamiento del sector. El cuadro 8 presenta estas fuentes de ingresos, la entidad que las recauda y la que las paga.

**Cuadro 8. Fuentes de financiación de agua urbana en el Valle de México.**

Fuentes de financiamiento (millones de pesos mexicanos por año)		
<b>Recursos invertidos por la población</b>	<b>38 949</b>	<b>79%</b>
Con servicio	19 693	40%
Tarifas	10 781	22%
Para enfrentar problemas suministro	8912	18%
Sin servicio	12 230	25%
Para enfrentar la falta de servicio	9184	19%
Pérdidas por no tener drenaje	3046	6%
Pérdidas población sin tratamiento	7026	14%
<b>Recursos del Gobierno</b>	<b>10 353</b>	<b>21%</b>
Subsidios derechos uso agua	194	0%
Subsidios agua en bloque	3042	6%
Subsidios derechos descarga	979	2%
Inversión	5025	10%
Para cubrir el déficit operativo	1112	2%
<b>Total recursos</b>	<b>49 302</b>	

Fuente: Elaboración propia con base en estados financieros de los organismos operadores e información de la CONAGUA sobre inversiones y pago de derechos, 2010.

El balance financiero y económico tiene en cuenta a cada una de las entidades que participan en el sector y los recursos financieros a su disposición.

A continuación se describe cada una de estas fuentes de financiación de acuerdo con la entidad que recibe las fuentes de financiación.

<sup>14</sup> Se utiliza la terminología propuesta en OCDE (2009).

<sup>15</sup> En el contexto de México el término de transferencias se aplica también para la transferencia de recursos fiscales de un nivel de gobierno a otro. En este estudio, este tipo de financiación se califica como impuestos por su fuente financiera original.

### a) Recursos provenientes de tarifas

Los recursos provenientes de tarifas incluyen a las tarifas cobradas a los usuarios por la utilización del servicio<sup>16</sup>. Las tarifas se establecen anualmente en el Código Financiero del Estado de México y en el Código Fiscal para el Distrito Federal. Para algunos municipios las tarifas se definen al interior de la CAEM. Su aprobación se hace en la Asamblea Legislativa del Estado y del Distrito Federal, y para su aplicación se requiere la aprobación del ayuntamiento.

Las tarifas se diferencian para los usuarios con medidor y sin medidor; para los primeros se establecen bloques de consumo, que en algunos casos alcanzan nueve rangos, que no están en función del patrón de consumo de los usuarios. Para los segundos se establecen cargos fijos. Los valores tarifarios en algunas localidades se establecen en función del salario mínimo, lo que dificulta el entendimiento por parte del usuario de cuánto es realmente el valor del servicio recibido.

### b) Recursos provenientes de impuestos

Los recursos provenientes de impuestos son una fuente importante del financiamiento del sector. La mayor parte se utiliza para financiar programas de inversión y en menor medida para cubrir el déficit de operación.

A continuación se presenta cómo participa cada nivel de gobierno con la financiación del sector a través de lo que recauda en impuestos.

#### *Impuestos del Gobierno federal*

- **Financiamiento de la inversión.** A través de la CONAGUA se financian programas de inversión seleccionados como prioritarios por el Gobierno federal. Esta es la fuente de financiación más importante de la inversión del sector. Los recursos correspondientes provienen en parte de recursos fiscales generales (Tesorería de la Federación) y en parte de fuentes específicas detalladas a continuación.
  - *Del pago de los derechos por extracción, uso o aprovechamiento de aguas nacionales.* Cuando los operadores no pagan lo que corresponde, la diferencia es registrada por la CONAGUA como un adeudo (o crédito fiscal) y enterada al Servicio de Administración Tributaria, que en su caso ejerce la facultad económico-coactiva para su cobro. Si bien la recuperación de los derechos de uso de agua ha mejorado significativamente en los últimos años, todavía existe un remanente que no se logra recaudar. La mejora en la recuperación de los derechos de uso de agua se ha dado gracias al Programa de Devolución de Derechos (PRODDER), que es federal, y al arreglo entre municipios y la CONAGUA de transferencia inmediata de las participaciones de la Federación cuando el operador no ha cumplido con el pago de los derechos de uso de agua.
  - *Del pago de los derechos de descarga.* La recuperación de derechos de descarga de aguas residuales, por el contrario, no se da en forma oportuna y la CONAGUA recauda muy poco por este concepto; el recurso recaudado se integra a la Tesorería de la Federación y no se vincula directamente con programas de inversión; cuando no se pagan, se convierten también en créditos fiscales.

<sup>16</sup> Las tarifas por uso de agua en bloque y los derechos por explotación de agua y por derechos de descarga de aguas residuales son considerados como costos y se describen más adelante.

- *Del pago de agua en bloque.* La CONAGUA vende agua en bloque a los operadores en el Valle de México (principalmente a través del sistema Cutzamala), a los cuales puede estar financiando con recursos de impuestos a través de dos formas: i) cuando el operador no paga la totalidad de la cuenta de agua en bloque, la diferencia es asumida por CAEM, afectando participaciones o aportaciones federales al municipio, por lo que el costo es asumido finalmente con fondos federales; ii) cuando la tarifa cobrada por agua en bloque es inferior al costo real de suministro de agua en bloque, la diferencia es asumida con recursos de la CONAGUA provenientes de los impuestos recaudados por el Gobierno. Los recursos recaudados por este concepto son integrados al Fideicomiso 1928, originalmente constituido para operar un crédito externo destinado a la construcción de plantas de tratamiento; actualmente sus recursos son aplicados a la construcción de infraestructura metropolitana de agua, drenaje y saneamiento.

#### ■ **Financiamiento de la operación**

- La operación de los sistemas de abastecimiento de agua en bloque y del drenaje metropolitano (operado por la CONAGUA) es financiada con recursos provenientes del Presupuesto de Egresos de la Federación asignados a la CONAGUA (provenientes de la recaudación de impuestos del Gobierno federal).

### ***Impuestos del Gobierno estatal***

- **Financiamiento de inversión.** A través de la CAEM, se subsidian inversiones en infraestructura hidráulica, principalmente en redes de conducción de agua en bloque, y obras de infraestructura en los municipios.
- **Financiamiento de la operación.** A través de la venta de agua en bloque y el transporte de agua hasta el punto de entrega a los operadores, se subsidia la operación de los servicios. La Comisión Estatal de Agua cumple dos funciones con respecto a la distribución de agua: i) por un lado, vende agua en bloque de sus propios pozos; ii) por otro, transporta agua en bloque que recibe de la CONAGUA a los operadores. Por ambos servicios tiene una tarifa definida que cobra a los operadores. La financiación a la operación se da en uno de los siguientes casos: i) cuando los operadores no pagan la totalidad de la cuenta por agua en bloque y transporte, y ii) cuando la tarifa es inferior al costo de entrega del agua en bloque. En el primer caso el Estado afecta las participaciones o aportaciones federales al municipio; en el segundo, asume el costo.

### ***Impuestos del Gobierno municipal***

- **Financiamiento de la inversión.** Se presenta mínimamente cuando la situación fiscal de los ayuntamientos les permite disponer de fondos suficientes para financiar inversiones, por ejemplo, en concepto de contrapartida para los programas de inversión federales.
- **Financiamiento de la operación**
  - *En el pago de derechos.* Cuando el operador no paga la totalidad de los derechos, el ayuntamiento paga a CONAGUA el valor adeudado con fondos provenientes de la participación de los recursos de la Federación que van al municipio. Existe un límite máximo de utilización de las participaciones para el pago de este concepto. También son afectadas aportaciones federales al fondo para el fortalecimiento municipal (FORTAMUN).

- *Para cubrir el déficit de operación.* Esta financiación se da esporádicamente y solo para algunos operadores.

### c) Recursos provenientes de la sociedad

Los recursos provenientes de la sociedad corresponden a los gastos de los contribuyentes y usuarios además del costo del servicio para compensar su baja calidad. Es decir, estos recursos hacen referencia al valor que la población asume para hacerle frente a las deficiencias del servicio. Este valor pagado por la población no es recolectado por los operadores del servicio, ni por el Gobierno, sino por proveedores que venden soluciones a problemas específicos tales como tinacos y bombas de agua (para hacer frente a los racionamientos de agua), y proveedores de tanques sépticos para la descarga de agua residual, etc. El valor resultante corresponde a un costo económico, que no entra en los registros financieros de los operadores ni del Gobierno para la financiación del servicio. Este costo se denomina a lo largo de este estudio como costo de ineficiencia asumido por la población. El párrafo c) de esta sección, “Costos adicionales para el cálculo del costo económico”, tiene más detalles sobre el cálculo de estos costos.

## C Los usos de fondos

Los recursos financieros se destinan al pago de los costos de operación e inversión de cada uno de los servicios: agua, drenaje y tratamiento de aguas residuales. La estimación de los costos se hace en términos financieros y económicos. En términos financieros se incluyen solo los costos en que incurren los operadores por la prestación del servicio. En términos económicos se incluyen además los costos en que incurre el Gobierno y la población cuando no se tiene acceso al servicio en forma confiable.

**Cuadro 9. Usos de los fondos para agua urbana en el Valle de México.**

Usos de fondos (millones de pesos mexicanos por año)		%
<b>Costos operativos</b>	<b>16 109</b>	<b>33%</b>
Derechos agua	486	1%
Agua en bloque	5782	12%
Energía	1342	3%
Personal	3604	7%
Otros operación y mantenimiento	3917	8%
Derechos de descarga	979	2%
<b>Inversión y rehabilitación</b>	<b>5025</b>	<b>10%</b>
<b>Otros costos de ineficiencia</b>	<b>28 168</b>	<b>57%</b>
Costo falta de redes drenaje	3046	6%
Costo falta tratamiento agua residual	7026	14%
Costo racionamiento agua	18 096	37%
<b>Costos totales</b>	<b>49 302</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia con base en estados financieros de los organismos operadores, información de la CONAGUA sobre inversión y encuestas en el terreno a la población con servicio y sin servicio, 2010.

### a) Costos de operación

El costo total de operación y mantenimiento pagado por los operadores por los servicios en el Valle de México asciende a \$11 894 millones anuales<sup>17</sup>. Los costos de operación se estiman para cada operador y se extrapolan a todo el Valle de México de la siguiente manera:

#### **Compra de agua en bloque**

La compra de agua en bloque corresponde al valor cobrado por la CONAGUA y la CAEM por concepto de venta de agua en bloque a los operadores (principalmente por agua del sistema Cutzamala y otros sistemas masivos).

Se calcula multiplicando el volumen de agua en bloque comprado por cada operador por la tarifa de agua en bloque. El agua en bloque se diferencia según si es comprada a CONAGUA o a la CAEM.

#### **Pago de derechos por explotación de agua y por descarga de aguas residuales**

Son pagados por los operadores y recaudados por la CONAGUA. Los derechos son definidos en la Ley Federal de Derechos, en la que se establece que los ingresos de la CONAGUA por su recaudación deberá destinarlos al financiamiento de obras de infraestructura hidráulica. Cabe señalar que este pago sale de los operadores y vuelve como financiamiento de la inversión a través del PRODDER, para aquellos organismos operadores que estén al día con sus pagos.

Se calculan multiplicando el volumen de agua concesionado para extracción de cada operador por el valor por metro cúbico establecido por la CONAGUA como el derecho del uso de agua.

#### **Servicio de agua**

- *Costos de explotación de pozos propios.* Corresponde principalmente al costo de energía utilizada para la extracción de agua de los pozos del operador. Se calcula como el volumen de agua extraída, por el factor de energía y por la tarifa de energía eléctrica.
- *Costos de personal.* Se basa en los costos de personal contabilizado por cada operador. Para la extrapolación a todo el Valle de México se utiliza un costo unitario por conexión de agua.
- *Otros costos operativos.* Corresponden a los costos contabilizados por los operadores. Para la extrapolación a todo el Valle de México se utiliza un costo unitario por conexión de agua.

#### **Servicio de drenaje**

- *Costos de drenaje.* No fue posible separarlos dado que la contabilidad de los operadores no tenía ese detalle de desagregación, por lo que estos costos están incluidos en los costos del servicio de agua.

<sup>17</sup> Este costo sin subsidios corresponde a \$16 109 millones (Cuadro 9).

### Servicio de tratamiento de aguas residuales

- *Derechos de descarga de aguas residuales.* Se toma el volumen de agua residual descargada por cada operador y se estima la carga contaminante para cada operador. Se aplican luego los valores definidos por derecho de agua residual.
- *Costo de tratamiento de agua residual en las plantas que disponga el operador.* En caso de que las plantas estén en funcionamiento se considera el costo en que incurren los operadores.

### b) Costos de inversión

Se toma el promedio de la inversión anual que para el Valle de México fue aproximadamente \$5000 millones (en el Estado de México \$2100 millones y en el Distrito Federal \$2900 millones<sup>18</sup>). Estas inversiones no son suficientes ni siquiera para mantener el servicio en las condiciones actuales, por tanto en el costo económico se debe adicionar el monto requerido para mantener la infraestructura actual, sin considerar nuevos proyectos. Sin embargo, dada la falta de información al respecto se consideró la misma inversión en términos financieros y económicos.

### c) Costos adicionales para el cálculo del costo económico

#### Costos de intermitencia o racionamiento

- *Población sin servicio de agua.* La cobertura del servicio de agua en el Valle de México es del 91,6%, lo que significa que el 8,4% de la población no tiene acceso al servicio y adquieren el agua a través de vendedores privados que la distribuyen en carros tanques. Esta población es la más carente de recursos y paga por agua un valor promedio de \$20 por tambo (con capacidad de 200 litros), lo que corresponde a \$100 por cada metro cúbico de agua (US\$ 8/m<sup>3</sup>). Este precio corresponde a 14 veces lo que pagan por metro cúbico los usuarios conectados al servicio que tienen una tarifa de \$7,12<sup>19</sup>. Esto significa que el valor pagado mensualmente por una familia con conexión que consume 24 metros cúbicos al mes equivale a lo que una familia sin servicio paga por dos metros cúbicos al mes. Se estima que el costo económico total asumido por la población sin servicio es anualmente \$9200 millones (28% del costo de ineficiencia asumido por la población).
- *Población con servicio de agua.* La población con servicio se enfrenta a permanentes interrupciones del servicio que varían dependiendo del municipio y de la zona. Para enfrentar esta situación se instala una cisterna y un tinaco en las casas, y se opera con una bomba eléctrica. El costo equivalente es de aproximadamente \$12 por metro cúbico<sup>20</sup>. No todas las viviendas con problemas en el suministro del servicio tienen los recursos suficientes para instalar la cisterna y el tinaco, algunos solo instalan este último a pesar de no garantizar su agua permanentemente. En este estudio se supone que el 50% de la población solo instala su tinaco, y el resto instala ambos.

18 CONAGUA, Gerencia de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Redes de Alcantarillado.

19 La tarifa media varía entre los operadores. Mientras que SACM tiene una tarifa media por metro cúbico de \$12, operadores como Huixquilucan y Naucalpan tienen una tarifa de aproximadamente \$7,5, y Nezahualcóyotl y Ecatepec cerca de \$4,6.

20 El costo equivalente se calcula asumiendo el costo de la cisterna en \$8000 pesos, el de la bomba en \$800 y el del tinaco en \$3500. El período de vida útil de la cisterna y el tinaco se estima en 20 años y el de la bomba en cinco años. El costo de operación y mantenimiento se estima en \$100 mensuales.

### Costos de subsidio

- *Subsidio en el precio del agua en bloque.* Corresponde a la diferencia entre el costo real de suministro del agua en bloque y la tarifa cobrada. La tarifa media de agua en bloque cobrada a los municipios es de \$5,8/m<sup>3</sup>, mientras que el costo de operación en el sistema Cutzamala más la inversión que se requiere para rehabilitar la infraestructura equivale a \$8,7/m<sup>3</sup><sup>21</sup> lo que implica un subsidio de aproximadamente \$3/m<sup>3</sup>.
- *Subsidio de energía eléctrica.* En México algunas tarifas de energía tienen un subsidio importante con respecto al costo, especialmente en el sector residencial. Se revisaron las tarifas eléctricas definidas para los operadores y se encontró que su valor es muy similar al costo y por tanto no se consideró subsidio.

### Costos ambientales<sup>22</sup>

Parte de la población carece de red de drenaje, con un deterioro asociado en la calidad de vida, el cual se estima en 3000 millones (9%) del costo total asumido por toda la población. Este costo se deriva de los puntos siguientes:

- *Costos ambientales por la falta de redes de drenaje en las viviendas.* Para calcular los costos económicos de la falta de acceso a la red de drenaje, se revisaron varios métodos y la información disponible en el Valle de México y se optó por el método de precios hedónicos, que mide el impacto en el valor de la propiedad al tener acceso o no a la red. Para su estimación se utilizaron resultados obtenidos de otros estudios desarrollados en América Latina (Ministerio de Planeación Federal). El método de precios hedónicos parte del hecho de que el valor del suelo y de los inmuebles es un reflejo de sus atributos, tales como: tamaño, tipo de construcción, área construida, acceso a servicios públicos, acceso a vías públicas, calidad ambiental de la zona, etc. Para establecer en cuanto incide cada atributo en el valor de la propiedad se utilizan modelos econométricos, con los cuales se construye una ecuación hedónica, en la cual la variable precio del inmueble aparece explicada por el vector de los atributos considerados. Uno de estos atributos es la conexión a la red de drenaje. En los estudios tomados como referencia se encuentra que el porcentaje de valorización de los inmuebles por influencia del acceso a la red de drenaje es similar y varía entre el 21% y el 30% (Juan, 2008). Para el presente estudio se trabajó con un 30% de incremento en las propiedades en caso de disponer de conexión a la red pública de drenaje. El valor promedio de una vivienda sin red de drenaje se estimó en \$250 000 (US\$20 000) lo que resulta en un incremento en el precio por vivienda de US\$6000 una vez que disponga de la conexión a la red.
- *Costos ambientales de la falta de tratamiento de aguas residuales.* El costo ambiental causado por la falta de tratamiento de aguas residuales se estima como el valor de tratar las aguas residuales en el Valle de México, para lo cual se toman los costos del túnel emisor Oriente (\$14 538 millones) y de la planta de Atotonilco (\$10 022 millones) (CONAGUA, 2009), que se encuentran actualmente en construcción, más los costos operativos (2% del valor de la inversión más US\$80 millones por año que se estima el costo operativo en la planta). El costo equivalente total equivale a \$5,7/m<sup>3</sup> (US\$ 0,49/m<sup>3</sup>).

21 El costo en el sistema Cutzamala corresponde al costo de operación (energía más otros) de \$6,33/m<sup>3</sup>, más el costo equivalente de rehabilitación (\$6705 millones). La información para este cálculo se toma actualizando la información de CONAGUA en las Estadísticas de Agua en la Región Hidrológica-Administrativa XIII 2009 y de la presentación de José Luis Luege Tamargo "Visión metropolitana del Valle de México", Ciudad de México, mayo de 2011.

22 Dentro de los costos económicos causados por la ineficiencia en el manejo del recurso está el relacionado con el hundimiento de la Ciudad de México, mencionado anteriormente. Sin embargo no se logró, dentro del marco del presente estudio, cuantificar este costo de manera confiable, por lo que no se lo contempló explícitamente. Sin embargo, dicho costo económico justificaría aún más cualquier acción tendiente a la mejora de eficiencias.

## D Balance financiero y económico

El balance en términos financieros incluye las fuentes financieras de las que dispone el operador y los usos que se le dan a estos recursos. El balance económico incluye no solo los recursos financieros que llegan al operador sino todos los recursos que se están utilizando en el sector y que provienen de todas los actores que interactúan en el mismo.

### a) Balance financiero

La situación financiera de los servicios de agua y saneamiento refleja los problemas que enfrenta el sector. La operación no es viable financieramente, las tarifas son insuficientes para cubrir los costos operativos y existe una total dependencia en los recursos del Gobierno para financiar las inversiones. De la misma manera, la infraestructura hidráulica es insuficiente para atender los requerimientos del servicio, la cobertura del servicio es inferior al 100%, el suministro de agua presenta interrupciones permanentes y el tratamiento de aguas residuales es bajo.

El balance físico señala que las pérdidas de agua son altas mientras que el balance financiero señala que la capacidad administrativa y operativa de los operadores es baja. Por consiguiente, las deficiencias en el servicio generan costos adicionales a los asumidos por los operadores, que entonces son asumidos por el Gobierno y la sociedad en general.

El balance financiero muestra que las tarifas cubren el 64% de los costos actuales de los operadores en la prestación del servicio. El 36% restante proviene de recursos del Gobierno vía impuestos y derechos.

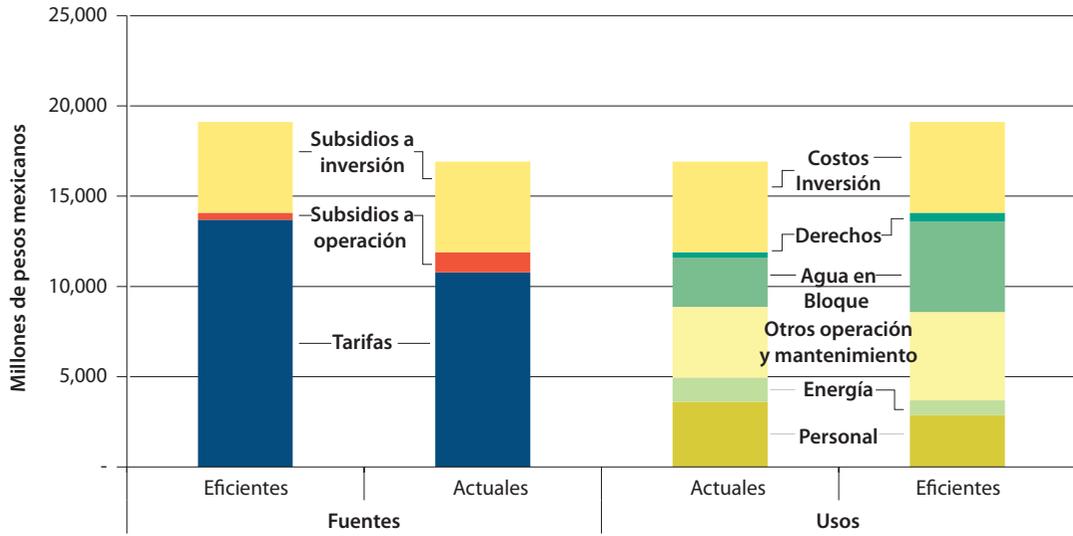
Los costos financieros en que incurren los operadores podrían reducirse si el servicio que se presta tuviera mejoras de eficiencia tales como: i) reducción de las pérdidas, mencionadas en el capítulo anterior del balance físico; ii) mejora en la utilización de la energía eléctrica, y iii) mejora en la productividad laboral. El impacto financiero de las probables mejoras en la reducción del costo se midió con base en los resultados del balance físico, estudios de eficiencia energética en el Valle de México y prácticas internacionales para la productividad laboral. Por otro lado, si se mejora el recaudo y se reducen las pérdidas comerciales se incrementa el ingreso operativo; con esto se obtendrían mayores recursos para cubrir los costos operativos<sup>23</sup>.

Por otro lado, los operadores del Valle de México no pagan, en gran medida, la totalidad de su agua en bloque, ni tampoco los derechos de agua o de descarga. Sin embargo, en el escenario verde se asume que esos costos sí se estarían pagando en su totalidad, lo que significa un aumento significativo de los rubros correspondientes.

En resumen, los costos eficientes de personal y energía disminuirían un 25%, pero los demás costos operativos (principalmente costos de compra de agua en bloque y pagos de derechos) aumentarían un 50%, lo que resultaría en un aumento del 18% de los costos operativos totales. A este aumento se tendría que comparar el aumento esperado de ingresos por concepto de tarifa del 27%, lo que permitiría llegar a una cobertura casi total de los costos operativos y de mantenimiento a través de la tarifa.

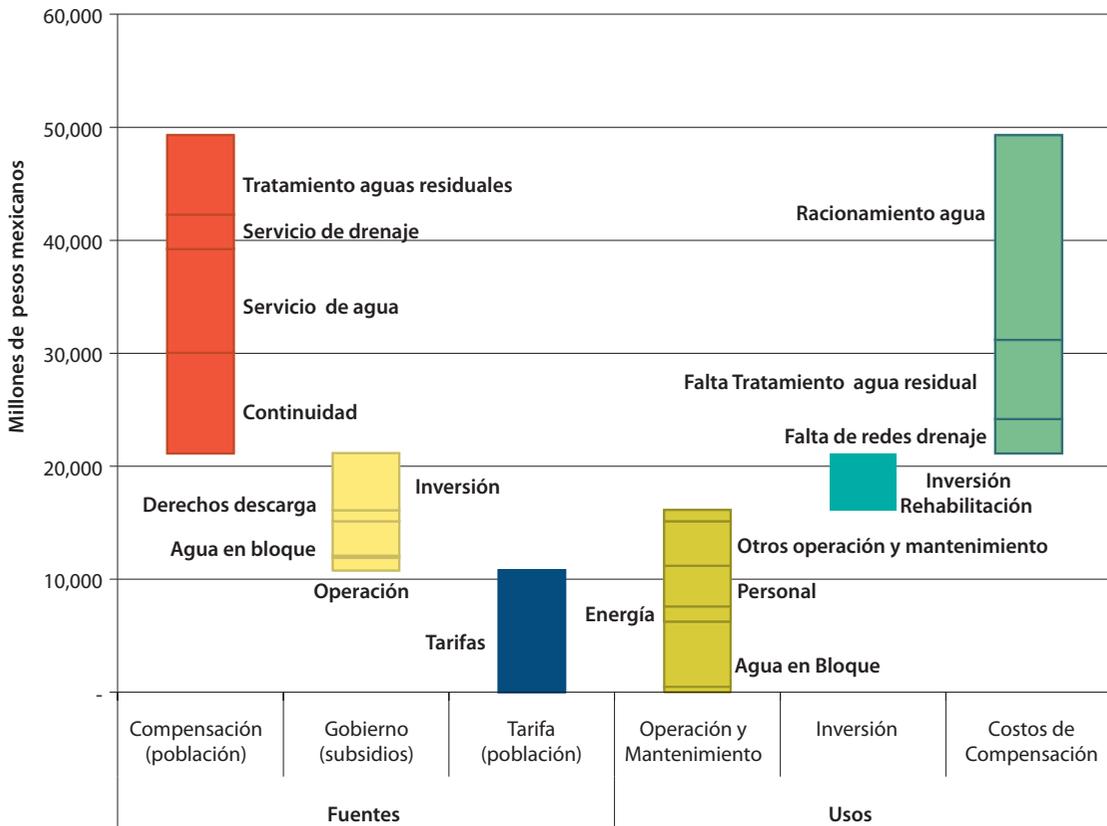
<sup>23</sup> Con respecto a los costos operativos, las mejoras supuestas son las mismas que las detalladas en el capítulo anterior; además se asume una reducción del 20% del costo energético y una mejora del 10% en la productividad laboral. Con respecto a la mejora de los ingresos, se asumió un incremento en el recaudo del 77% actual al 90%, además de los mismos supuestos de mejora de pérdidas comerciales presentados en el capítulo anterior. Cabe notar que en la ausencia de mejor información se asume que los niveles de inversión se mantendrían similares; sin embargo está claro que debería aumentar la inversión para garantizar el mantenimiento de la infraestructura actual, y su replazo y expansión a futuro.

**Gráfico 6. Comparación del balance financiero actual con una situación eficiente.**



Fuente: Elaboración propia con base en estados financieros de los organismos operadores e información de la CONAGUA sobre inversiones y pago de derechos, 2010.

**Gráfico 7. Balance económico del servicio de agua y saneamiento del Valle de México.**



Fuente: Elaboración propia con base en estados financieros de los organismos operadores, información de CONAGUA sobre inversión y encuestas en el terreno a la población con servicio y sin servicio 2010.



## b) Balance económico

El balance económico incluye no solo lo que invierte el operador, sino también lo que están invirtiendo todos los actores en el sector. El 79% de los costos reales del sector están siendo asumidos directamente por la población y el 21% restante por el Gobierno (recursos provenientes de impuestos, los cuales también provienen de la población). Lo que invierte la población no corresponde solo a tarifas (22% del costo económico total), sino también a todos los costos en los que debe incurrir la población para hacer frente a los problemas, dada la deficiente prestación del servicio (57% del costo económico total). Los recursos del Gobierno provienen de impuestos; estos son utilizados para inversión y para cubrir déficit operativo de los operadores. Dado que los recursos de los impuestos provienen de los contribuyentes, la población está pagando totalmente los costos del servicio. El gráfico 7 muestra esta situación.

El 66% del costo total del servicio corresponde a costos adicionales a los registrados por los operadores, es decir los costos asumidos por entidades o personas diferentes a los operadores. Estos costos resultan de las ineficiencias en la prestación del servicio actual. Sumando el monto de los costos de compensación de la población (\$28 200 millones) y los costos de la prestación ineficiente del servicio actual (\$1200 millones) se llega a una suma total de \$29 400 millones. Este valor corresponde a aproximadamente seis veces el monto de la inversión anual del sector, representa el 60% del costo total del servicio y corresponde al 0,95% del PIB del Valle de México.

Es importante resaltar que una gran parte del costo de la ineficiente prestación del servicio lo asume la población de más bajos ingresos a través de la falta de acceso al servicio y el mayor costo pagado. De los costos de ineficiencia totales asumidos por la población (\$28 200 millones), aproximadamente el 37% lo asume la población de menores ingresos (29% por falta del servicio de agua y 8% por falta del servicio de drenaje). En particular, el 8% de población sin acceso a servicios de agua paga anualmente un monto casi igual (\$9200 millones) al que paga por tarifas el 92% de la población con acceso al servicio (\$10 800 millones). Es más, los subsidios al servicio más significativos (operación e inversión) no están dirigidos específicamente a los usuarios más pobres, por lo tanto no pueden beneficiar a los usuarios sin servicio, reflejando así la inequidad de la situación actual.

## E Conclusiones

El actual esquema de financiación del sector genera incentivos perversos sobre la utilización del recurso y la prestación del servicio. El usuario no recibe las señales indicadas para racionalizar el uso del servicio y el operador no tiene los incentivos apropiados para mejorar su prestación.

### a) Incentivos perversos que recibe el usuario

La cuenta que paga el usuario es el mecanismo con el cual se relaciona financieramente con el prestador del servicio y con el consumo que hace del agua. La cuenta depende de las tarifas y de la eficiencia del operador para cobrar por el servicio. En ambos aspectos, se carece de políticas claras que brinden señales apropiadas del valor real del servicio y de la necesidad de un uso racional del mismo. Dos factores que definen los incentivos perversos que recibe el usuario se presentan a continuación.

- **La definición de las tarifas no se basa en el costo del servicio.** Los rangos de consumo en la estructura tarifaria no tienen relación con el patrón de consumo. Las tarifas definidas para usuarios sin medición generalmente son mayores a las definidas para los usuarios con medición, lo que desincentiva el uso del medidor para los organismos operadores y desvincula la cuenta del consumo. Se pierde así una gran oportunidad de limitar la demanda por agua a un nivel económicamente eficiente.

- **Las prácticas de los operadores en materia comercial y de cobro son deficientes.** En la mayoría de los sistemas del Estado de México, los usuarios no reciben sus facturas porque el operador no tiene la práctica de repartirlas. El usuario debe presentarse en las oficinas y pagar por el servicio. No existen penalidades por falta de pago en cuanto al corte del servicio; las facilidades para el pago en diversidad de puntos y formas de pago son muy limitadas. Las facturas se elaboran en muchos casos en forma anual, por lo que el usuario no percibe la relación entre su cuenta y el consumo. Se ofrecen descuentos por pago cuando se tienen cuentas atrasadas, lo que incentiva el pago fuera de término. Por lo tanto, no existen incentivos para que el usuario controle su consumo ni pague su cuenta.

## b) Incentivos perversos que recibe el operador

La estructura financiera actual brinda pocas señales a los operadores para ser más eficientes. Los operadores no tienen que cumplir niveles de desempeño en la prestación del servicio, ya que la baja calidad en la prestación del servicio no los exime de recibir transferencias del Gobierno. En algunos casos los mecanismos de financiación mediante impuestos no son transparentes, como en los siguientes casos:

- **Derechos de uso del agua.** Se paga en algunos casos con recursos del ayuntamiento provenientes de las participaciones de recursos de la Federación. El mecanismo de pago es un cruce de cuentas entre el ayuntamiento y la CONAGUA sin que pase por el operador.
- **Transferencias de recursos de impuestos.** En la mayoría de los casos las transferencias no son contabilizadas en los registros de los operadores. Por ejemplo, las inversiones no se contabilizan en los activos y por ende no hay registro del valor de la infraestructura y por tanto no se registra la depreciación pertinente.
- **PRODDER.** En la mayoría de los casos los recursos del PRODDER, que corresponden a la devolución de derechos que retornan al operador para inversión, no se contabilizan como gastos de derechos ni posteriormente como transferencia de inversión.

En términos generales la contabilidad que llevan los operadores no mantiene un registro de todas las transacciones que ocurren en la prestación del servicio. Hay una mezcla de contabilidad de causación y de caja en los registros de los operadores, y no se tiene información de las cuentas pendientes de los usuarios, de los activos, de las cuentas pendientes a pagar, de las transferencias de impuestos, etc.





# V. Perspectivas a 2030

## A Proyecciones a 2030

### a) Generalidades

Para proyectar la evolución de la situación presentada en los capítulos anteriores, hacia el horizonte 2030 se realizó una proyección de la situación hídrica del Valle de México bajo dos escenarios diferentes:

- **Escenario tendencial:** en el que se mantiene la situación actual en términos de ineficiencias en el uso del agua.
- **Escenario verde:** en el que se asume una gestión eficiente de los servicios de agua y saneamiento y se llega a una cobertura equitativa y completa de servicios en el valle.

Los escenarios se construyen con base en proyecciones de población y de demanda, así como una serie de supuestos que se detallan en los párrafos a continuación.

### b) Población

Para ambos escenarios, la proyección de población se realizó con base en la última tasa de crecimiento, empleando la metodología propuesta en la NT-011-CNA-2001 “Métodos de proyección de población” (CONAGUA, 2007). En el cuadro 10 se muestran los valores de proyección de la población total y por rango de tamaño de la población.



**Cuadro 10. Proyección de población para las localidades de estudio del Valle de México.**

Año	Población de localidades					Total del Valle de México
	Mayor a 500 000 habitantes incluido el DF	Entre 100 001 y 500 000 habitantes	Entre 50 001 y 100 000 habitantes	Entre 20 001 y 50 000 habitantes	Hasta 20 000 habitantes	
2010	14 765 958	4 076 821	402 975	651 605	122 022	20 019 381
2015	14 983 856	5 299 454	428 705	729 314	140 666	21 581 995
2020	15 204 969	6 888 752	456 078	816 290	162 159	23 528 248
2025	15 429 345	8 954 678	485 199	913 639	186 936	25 969 798
2030	15 657 032	11 640 173	516 180	1 022 598	215 498	29 051 481

Fuente: Elaboración propia.

## B Escenario tendencial

### a) Generalidades

Este escenario asume que no se han reunido las condiciones políticas, económicas y sociales que generen los incentivos adecuados (tanto a nivel de organismos operadores como de los usuarios finales) para concientizar al público de que el agua es un recurso finito, con un precio suficiente para recuperar los costos de la prestación del servicio.

Este escenario considera que la cobertura de micromedición se mantiene baja, al igual que las tarifas, por lo que no hay incentivo para el usuario final a reducir el consumo. Se sigue presentando la intermitencia del servicio, la gestión de la infraestructura es deficiente y la sostenibilidad financiera de los organismos operadores es precaria, y depende en gran parte de los subsidios.

Los principales supuestos de proyección en el escenario tendencial son:

- El nivel de consumo de la población que cuenta con servicio se mantiene igual a la situación actual; el nivel de consumo de la población adicional que se instale en el Valle de México se proyecta asumiendo los valores definidos por CONAPO (2010) según metodología de la CONAGUA (2007).
- Las fuentes de agua actuales se mantienen en sus mismos niveles (tanto las fuentes sostenibles como las no sostenibles).
- La continuidad de servicio se mantiene similar a la continuidad actual de servicio.
- Los niveles de pérdidas físicas y comerciales también se mantienen iguales a los niveles actuales.
- Costos de operación
  - *Costo de agua en bloque.* Se asume que el volumen de agua adicional que se necesita es suministrado por agua en bloque. El costo que se asume es \$10,8/m<sup>3</sup> (incluye operación y mantenimiento e inversión).



© Archivo fotográfico de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

- *Costo de tratamiento de aguas residuales.* Se asume el costo de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de Atotonilco, aproximadamente \$1,98/m<sup>3</sup>.
- Los costos de inversión se componen de los costos de inversión por año considerados en la situación actual, más los costos de saneamiento. Los costos de saneamiento se componen a su vez de los costos de expansión de redes más los costos de tratamiento de aguas residuales. Cabe notar que en este escenario los costos son estrictamente los necesarios para mantener, pero no aumentar, la cobertura de servicio. La expansión de las redes se asumió igual a \$5880 por conexión para un período de 15 años y una tasa de descuento del 10%. Los costos de tratamiento de aguas residuales se asumieron iguales a los costos de la planta de tratamiento de aguas residuales de Atotonilco más el túnel emisor (\$24 740 millones) para un caudal promedio a ser tratado de 23 m<sup>3</sup>/s. El costo de inversión resultante en un período de 25 años y una tasa de descuento del 10% es de \$3,76/m<sup>3</sup>.
- En la parte financiera, la tarifa se mantiene constante en términos reales.
- La tarifa de agua en bloque permanece constante y la diferencia con los costos de producción de las nuevas fuentes es asumida por la CONAGUA con recursos del Gobierno.

## b) Balance físico

En el escenario tendencial se proyecta que la demanda total pasaría de 66,8 m<sup>3</sup>/s (hoy) a 91,8 m<sup>3</sup>/s (en 2030), tal como lo muestra el cuadro 11.

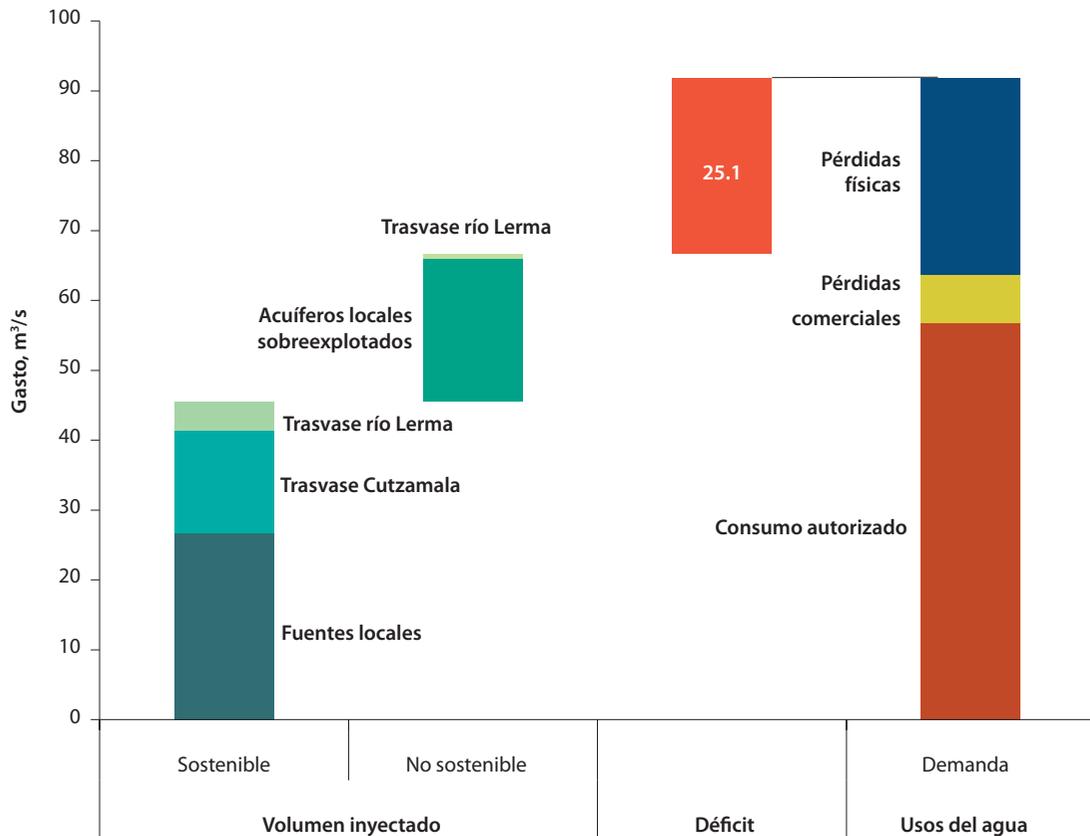
**Cuadro 11. Proyecciones de demanda de agua (m<sup>3</sup>/s) en un escenario tendencial a 2030.**

Concepto	2030 (tendencial)		Actual	
Consumo autorizado	56,8	62%	40,6	61%
Pérdidas físicas	28,1	31%	17,0	25%
Pérdidas comerciales	6,8	7%	9,2	14%
<b>Demanda total</b>	<b>91,8</b>	<b>100%</b>	<b>66,8</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Si continúan las condiciones actuales de prestación del servicio, para 2030 se tendrá un déficit significativo del orden de 25,1 m<sup>3</sup>/s, adicional al déficit existente por sobreexplotación de las fuentes actuales (21,1 m<sup>3</sup>/s), por lo que se proyecta un déficit total de 46,2 m<sup>3</sup>/s. Lo anterior significa que la demanda aumentaría al doble de los recursos categorizados actualmente como sostenibles, como se muestra en el gráfico 8.

**Gráfico 8. Balance físico en un escenario tendencial a 2030.**



Fuente: Elaboración propia.

### c) Balance financiero

El costo financiero para este escenario es de \$45 120, de los cuales apenas el 32% es cubierto por las tarifas.

#### Fuentes de financiamiento

**Cuadro 12. Fuentes financieras en un escenario tendencial a 2030.**

Fuentes de los fondos (millones de pesos mexicanos)		%	Actual	
<b>Tarifas</b>	14 311	32%	10 781	51%
<b>Recursos del Gobierno (vía impuestos y derechos)</b>	30 809	68%	10 353	49%
Para pagar por inversión	12 549	28%	5025	24%
Para subsidiar la operación	18 260	40%	5328	25%
<b>Total</b>	<b>45 120</b>	<b>100%</b>	<b>21 134</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### Costos de la prestación del servicio

**Cuadro 13. Costos financieros en un escenario tendencial a 2030.**

Usos de los fondos (millones de pesos mexicanos)		%	Actual	
<b>Costos de operación</b>	32 571	72%	16 110	76%
Derechos agua	486	1%	486	2%
Agua en bloque	16 912	37%	5782	27%
Energía	2145	5%	1342	6%
Personal	4784	11%	3604	17%
Otros agua más tratamiento aguas residuales	8245	18%	4896	23%
<b>Costos inversión</b>	12 549	28%	5025	24%
<b>Total costos</b>	<b>45 120</b>	<b>100%</b>	<b>21 134</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

### d) Costo económico

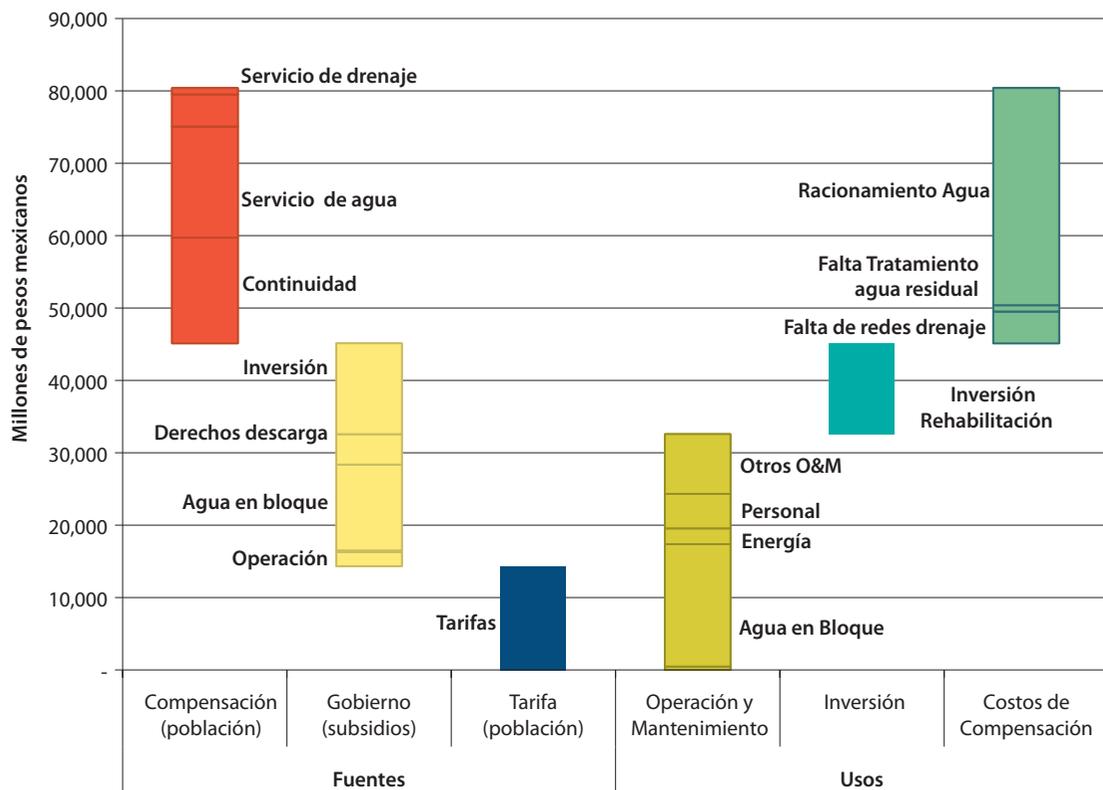
El costo total resultante alcanza los \$80 400 millones de los cuales \$45 100 millones corresponden a los costos financieros (asumidos tanto por la población vía tarifa, como por el Gobierno vía subsidio), siendo los \$35 300 millones restantes los costos indirectos no contabilizados en el sector y asumidos por la población (véase cuadro 14)<sup>24</sup>.

<sup>24</sup> Como se indicó en el capítulo anterior, los costos del hundimiento no se pudieron cuantificar, pero sin duda fortalecerían aún más el mensaje.

**Cuadro 14. Costos económicos en un escenario tendencial a 2030.**

Costos económicos		%	Actuales	
<b>Con servicio, para enfrentar problemas de suministro</b>	14 617	41%	8912	32%
<b>Sin servicio</b>	19 794	56%	12 230	43%
Para enfrentar la falta de servicio de agua	15 373	44%	9184	33%
Pérdidas por no tener drenaje	4422	13%	3046	11%
<b>Población afectada por falta de tratamiento de aguas residuales</b>	867	2%	7026	25%
<b>Total</b>	<b>35 279</b>	<b>100%</b>	<b>28 168</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 9. Balance económico de la prestación del servicio en un escenario tendencial a 2030.**

Fuente: Elaboración propia.

Dado que los recursos provenientes de los impuestos provienen de los contribuyentes, la totalidad de los costos del sector es pagada por la población, 62% en forma directa (tarifa y costos económicos) y el 38% restante en forma indirecta (mediante subsidios del Gobierno).

La diferencia entre el costo económico y el costo financiero corresponde a los costos adicionales a los registrados por los operadores, costos en que incurre entonces la población para cubrir las deficiencias

del servicio (\$35 300 millones); además, la ineficiencia en la operación de los servicios genera un costo adicional del orden de \$9300 millones<sup>25</sup>, que significa un costo de la ineficiencia total de \$44 600 millones en este escenario, a 2030. Asumiendo que el PIB crece a la misma tasa que la población, este monto representaría el 1,02% del PIB del Valle.

## C Escenario verde

### a) Generalidades

El escenario verde considera que el agua en el valle se llega a manejar de manera eficiente, equitativa y sostenible. Los organismos operadores con poblaciones mayores a 100 000 habitantes implementan una estrategia agresiva e integral de gestión de la demanda orientada, en primer lugar, a reducir los consumos reales de los usuarios del servicio por medio de la vinculación formal de todos los posibles clientes con esquemas sostenibles y universales de medición de consumos (basados en una adecuada selección y mantenimiento de los instrumentos de medida, eliminando los errores de lectura y manipulación de los datos de los clientes, promoviendo la utilización de dispositivos que ahorran agua e implantando un sistema tarifario con incentivos adecuados para el cliente y el organismo operador), lo que promueve entonces la conservación del recurso hídrico y la sostenibilidad del servicio.

Este escenario considera también la reducción de las pérdidas físicas hasta niveles en los que la reducción de un metro cúbico de agua perdida cueste lo mismo que su recuperación; sin embargo, cabe destacar que en la medida que el consumo disminuya, se podrá contar con más agua en la red, que implementar las medidas de optimización operacional que mejoren los niveles de servicio (continuidad, presión y calidad del agua) en una infraestructura en condiciones pobres de operación y mantenimiento llevará al aumento significativo de las pérdidas físicas, lo que requerirá entonces de ingentes esfuerzos para mantener estas pérdidas bajo control.

Finalmente, los organismos operadores, con el apoyo de las autoridades del Gobierno, implementan programas de inversión que permitan superar los actuales déficits de cobertura en agua, en drenaje y en tratamiento de aguas servidas, beneficiando así a las poblaciones de menor ingreso.

Los principales supuestos de proyección del escenario verde son:

- Los niveles de consumos de la población actual y nueva se alinean a los niveles eficientes señalados en los capítulos III y IV.
- Las fuentes de agua actuales se mantienen en sus mismos niveles (tanto en cuanto a las fuentes sostenibles como en las insostenibles).
- El servicio se vuelve continuo. No habría racionamiento ni habría tandeo.
- Se da servicio universal de drenaje y de tratamiento de aguas residuales.
- Las pérdidas físicas llegan a un volumen de 300 litros diarios por conexión, un nivel considerado como ambicioso pero realista en sistemas con abastecimiento continuo. Las pérdidas comerciales llegan a representar el 7% del volumen que ingresa al sistema.
- El déficit resultante con la capacidad de producción actual se cubriría con fuentes de agua

<sup>25</sup> Diferencia entre los costos de explotación en un escenario tendencial y verde.



adicionales, como la sustitución de agua potable por agua de reúso y las nuevas fuentes a considerar (cuadro 19).

- En la parte financiera, la tarifa se incrementa en un 50% (en términos reales) para controlar el consumo de agua y pagar parcialmente el servicio de saneamiento. El Gobierno cubre la diferencia para garantizar los niveles de inversión necesarios para alcanzar la situación planteada.
- En la inversión se incluye lo requerido para tener cobertura universal de saneamiento; con los mismos costos unitarios señalados para el escenario tendencial.
- La tarifa de agua en bloque permanece constante, así como la diferencia con los costos de producción.
- Se mejora el recaudo pasando de 77% actual al 90%.

## b) Balance físico

En el escenario verde se proyecta que la demanda total pasaría de 66,8 m<sup>3</sup>/s (hoy) a 78,4 m<sup>3</sup>/s en 2030, tal como lo muestra el cuadro 15.

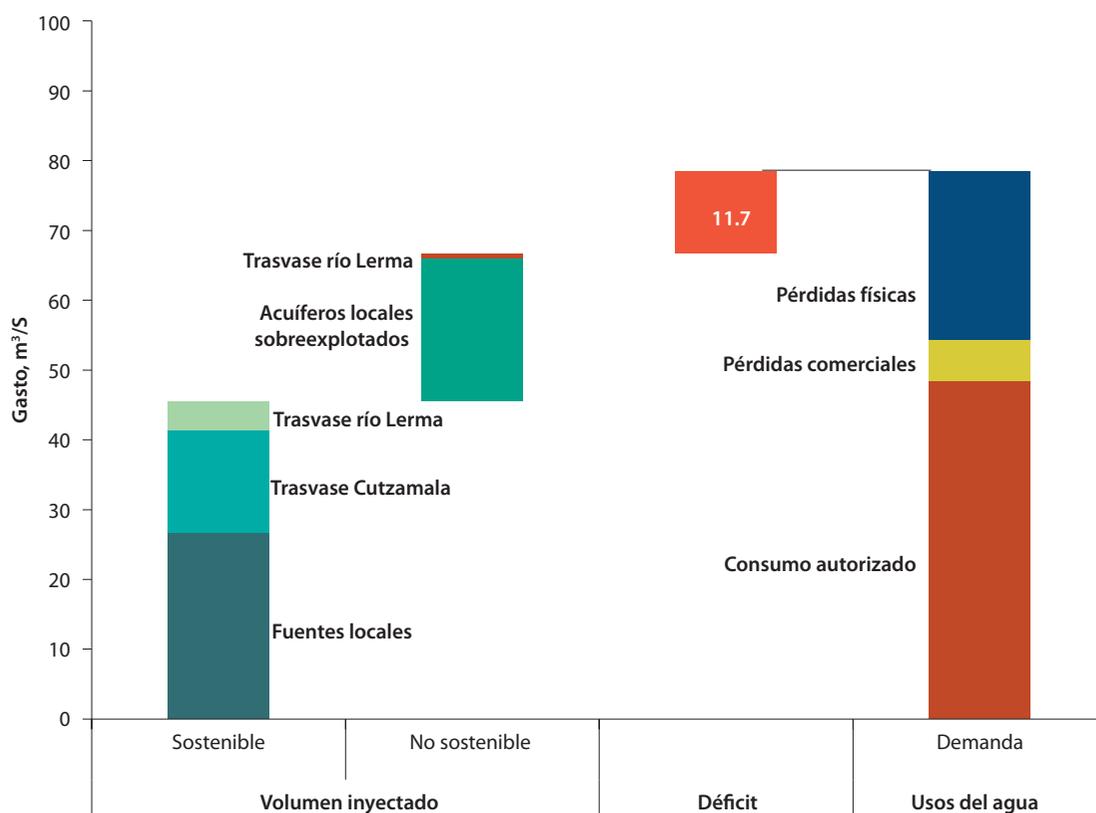
**Cuadro 15. Proyecciones de demanda de agua (m<sup>3</sup>/s) en un escenario verde a 2030.**

Concepto	2030 (verde)		Actual	
<b>Consumo autorizado</b>	48,5	62%	40,6	61%
<b>Pérdidas físicas</b>	24,1	31%	17,0	25%
<b>Pérdidas comerciales</b>	5,8	7%	9,2	14%
<b>Demanda total</b>	<b>78,4</b>	<b>100%</b>	<b>66,8</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Es interesante destacar que a pesar de estas mejoras significativas, se mantiene un déficit importante de 11,7 m<sup>3</sup>/s (adicional a los 21,1 m<sup>3</sup>/s de usos insostenibles), aunque la demanda total se reduzca de 13,4 m<sup>3</sup>/s en comparación con el escenario anterior (que se acerca a la producción del sistema Cutzamala). Si bien las medidas aquí propuestas no logran tampoco reducir la presión sobre los acuíferos, en este estudio no se considera la posible recarga con aguas tratadas de la planta de tratamiento Atotonilco, que sin lugar a dudas puede tener un efecto positivo a largo plazo.

**Gráfico 10. Balance físico en un escenario verde a 2030.**



Fuente: Elaboración propia.

### c) Balance financiero

El costo financiero en estas condiciones alcanzaría \$35 796 millones, asumiendo que la inversión en saneamiento se completa, incluidas redes de drenaje y tratamiento de aguas residuales. Las tarifas contribuyen con la financiación de la totalidad de los costos de operación; sin embargo, bajo los supuestos tarifarios del escenario, se mantendría la necesidad del Gobierno de subsidiar la inversión en agua y saneamiento.

#### Fuentes de financiamiento

**Cuadro 16. Fuentes financieras en un escenario verde a 2030.**

Fuentes de los fondos (millones de pesos mexicanos)	%	Actual	%	
<b>Tarifas</b>	24 030	67%	10 781	51%
<b>Recursos del Gobierno (vía impuestos y derechos)</b>	11 767	33%	10 353	49%
Para pagar por inversión	11 767	33%	5025	24%
Para pagar por operación	0	0%	5328	25%
<b>Total</b>	<b>35 796</b>	<b>100%</b>	<b>21 134</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Costos

**Cuadro 17. Costos financieros en un escenario verde a 2030.**

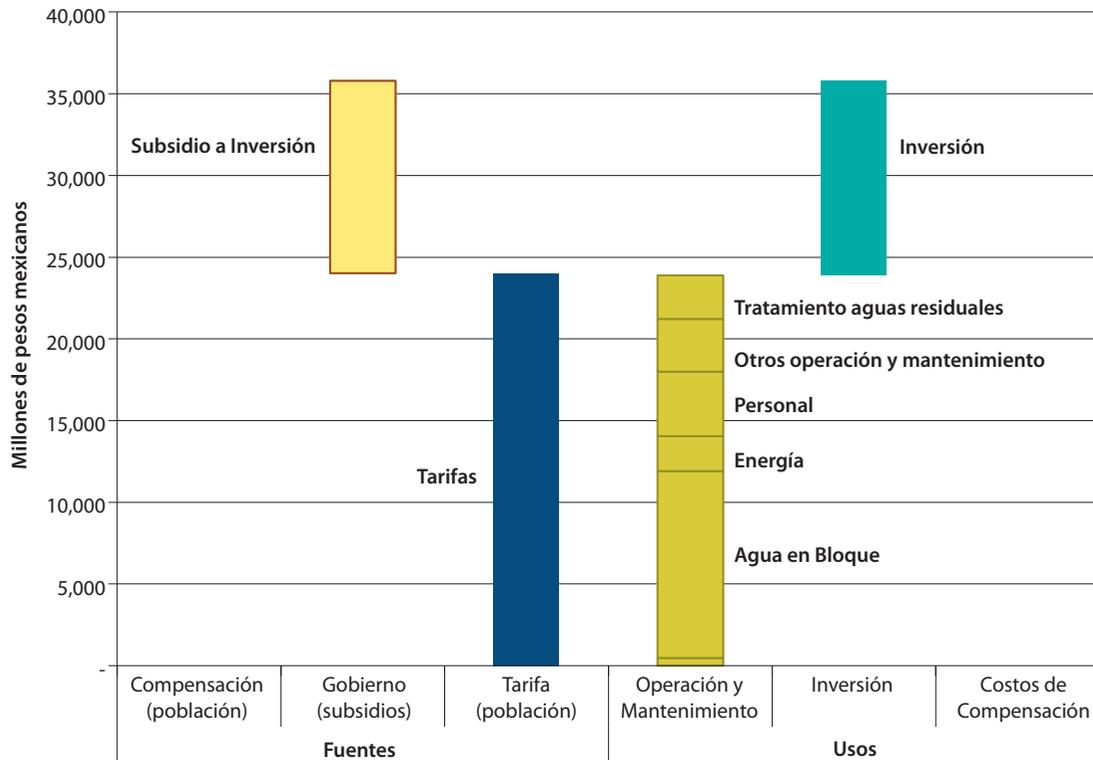
Usos de los fondos (millones de pesos mexicanos)		%		Actual	
<b>Costos de operación</b>		23 894	67%	16 110	76%
Derechos agua		486	1%	486	2%
Agua en bloque		11 426	32%	5782	27%
Energía		2145	6%	1342	6%
Personal		3949	11%	3604	17%
Otros agua más tratamiento aguas residuales		5888	16%	4896	23%
<b>Costos de inversión</b>		11 902	33%	5025	24%
<b>Total costos</b>		<b>35 796</b>	<b>100%</b>	<b>21 134</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

### d) Costo económico

En estas condiciones de eficiencia, el costo económico alcanza el mismo monto de \$35 800 millones, el cual se asemeja al costo financiero, ya que la población no asumiría costos adicionales por la deficiencia de los servicios. La financiación en este escenario provendría en un 67% de tarifas y un 33% de impuestos. Al desaparecer el costo económico, se eliminaría el impacto del servicio deficiente e ineficiente en la economía del Valle.

**Gráfico 11. Balance económico-financiero en un escenario verde a 2030.**



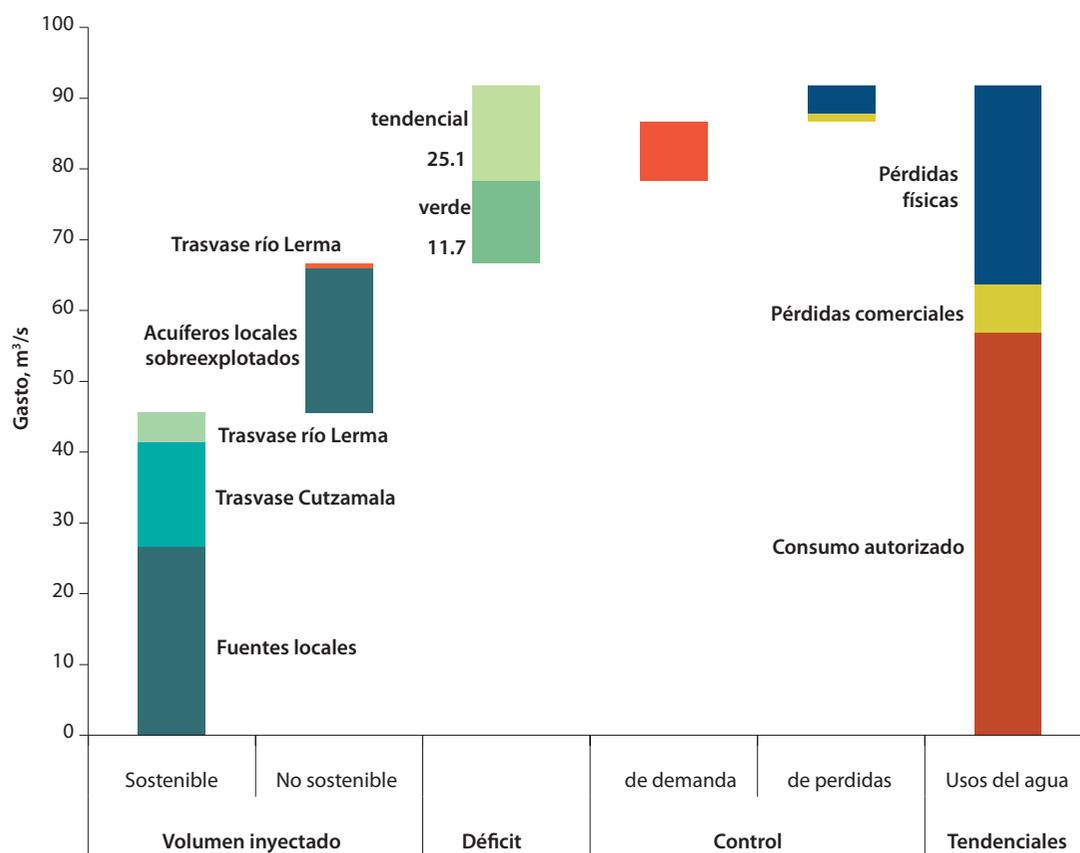
Fuente: Elaboración propia.

## D Comparación

### a) Balance físico

Tal como lo muestra el gráfico 12, al escoger una trayectoria de desarrollo más verde, es decir más eficiente, sostenible y equitativa en el sector de agua, el Valle de México podría llegar a disminuir el déficit proyectado a más de la mitad. Sin embargo, aun así seguiría existiendo una brecha entre la demanda y la oferta, y en ambos escenarios se mantiene en su totalidad la sobreexplotación insostenible de los acuíferos locales. En este sentido, aunque se hagan mayores esfuerzos para aprovechar el recurso de agua más eficientemente en el Valle, a mediano plazo será necesario identificar nuevas fuentes de agua o reasignar fuentes existentes a nuevos usos. Los volúmenes a movilizar en los próximos 20 años serán del orden de más de 30 m<sup>3</sup>/s si se mejora la eficiencia del uso en el Valle, o cerca de 50 m<sup>3</sup>/s si se mantienen las condiciones actuales de ineficiencia.

**Gráfico 12. Comparación física, escenarios tendencial y verde a 2030.**



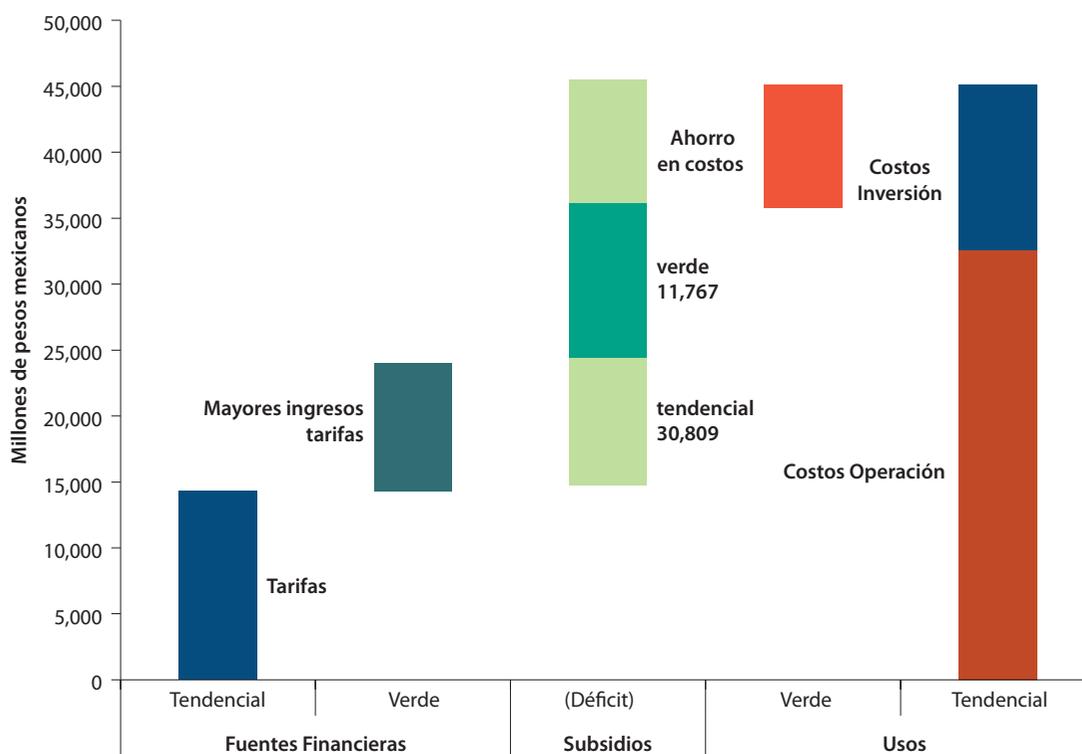
Fuente: Elaboración propia.

## b) Balance financiero

En términos financieros, si la situación actual continúa el costo financiero aumentaría a \$45 120 millones, de los cuales la población asumiría \$14 311 millones a través de la tarifa (32%), y el Gobierno \$30 809 millones a través de subsidios (68%); en cambio si se aplican condiciones de eficiencia, el costo financiero se reduciría dramáticamente a \$35 796 millones, de los cuales la población asumiría \$24 030 millones a través de la tarifa (67%), y el Gobierno \$11 767 millones a través de subsidios (33%).

En resumen, los dos escenarios plantean visiones diferentes de la financiación del servicio de agua y saneamiento: en una, la tendencial, se degrada la posición financiera de los organismos operadores hasta necesitar subsidios para las dos terceras partes de su operación, mantenimiento e inversión; en otra, la verde, se toman las medidas de mejora tanto de eficiencia como de adecuación de la tarifa para lograr cubrir la totalidad de los costos de operación y mantenimiento vía tarifa, dejando solo parte del programa de inversión bajo financiamiento, a través de subsidios, del Gobierno.

**Gráfico 13. Comparación de los costos financieros del servicio de agua y saneamiento en el Valle de México en los escenarios tendencial y verde a 2030.**



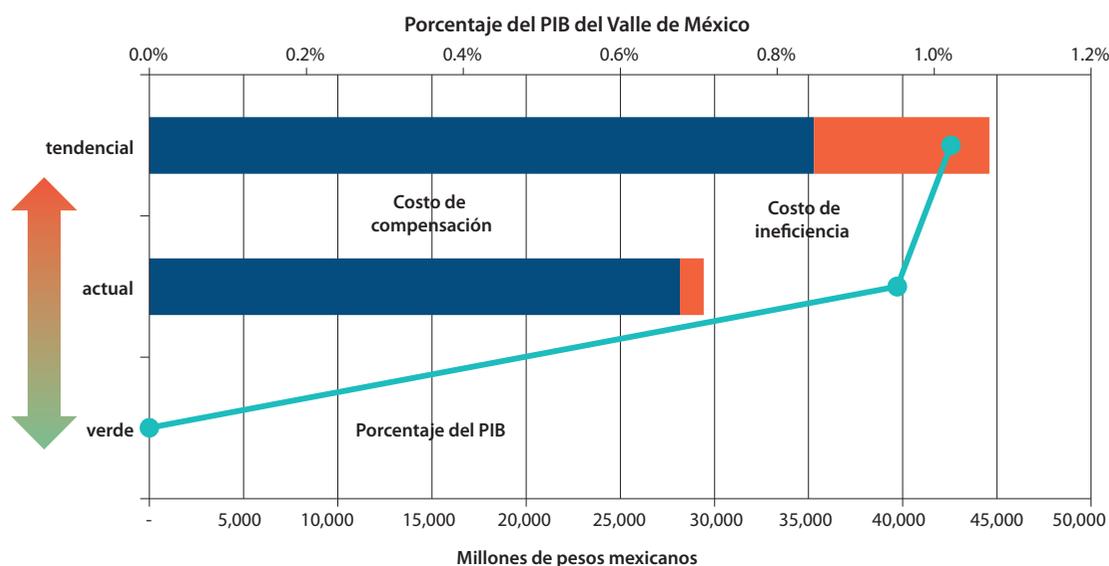
Fuente: Elaboración propia.

## c) Balance económico

En términos económicos, el contraste entre ambos escenarios es claro. Por un lado, si se mantiene la situación actual, la población continuará pagando un costo de compensación cada vez mayor debido a la deficiencia de los servicios; pero además, y en ausencia de señales económicas claras a través de la tarifa, se continuará con el uso ineficiente del recurso tanto por parte de la misma población, como de los organismos operadores, lo que resultaría en un costo económico cada vez mayor para la sociedad y la economía, costo que podría llegar a superar el 1% del PIB del Valle de México.

Por otro lado, si se lograra alcanzar un escenario de búsqueda de la eficiencia del uso y aprovechamiento del recurso hídrico en el Valle, se eliminarían los costos a su economía, beneficiando así en particular a las poblaciones más pobres, que hoy carecen de un servicio de calidad.

**Gráfico 14. Comparación de los costos financieros del servicio de agua y saneamiento en el Valle de México en los escenarios tendencial y verde a 2030.**



Fuente: Elaboración propia

El cuadro 18 compara y resume nuevamente los escenarios planteados en el informe en cuanto a sus balances físicos, financieros y económicos.

**Cuadro 18. Comparación de los escenarios estudiados.**

Concepto	Unidad	Actual	2030	
			Tendencial	Verde
<b>Datos generales</b>				
Población	Mil hab.	20 019	29 051	
<b>Balance físico</b>				
Demanda total	m <sup>3</sup> /s	66,8	91,8	78,4
Déficit	m <sup>3</sup> /s	NA	25,1	11,7
Déficit con fuentes sostenibles	m <sup>3</sup> /s	21,1	46,2	32,8
<b>Balance financiero</b>				
Costos totales	\$ mil	21 134	45 120	35 279
Ingresos por tarifa	\$ mil	10 781	14 311	24 030
Cobertura de costo	%	51%	32%	67%
<b>Balance económico</b>				
Costos económicos	\$ mil	28 168	35 279	0
Costos de ineficiencia	\$ mil	29 425	44 600	0
Porcentaje del PIB	%	0,95%	1,02%	0,00%

Fuente: Elaboración propia.

## E ¿Cómo cubrir el déficit?

La CONAGUA actualmente está desarrollando obras que incrementarán las fuentes de producción, tales como la ampliación y rehabilitación del sistema Cutzamala (que aumentará su capacidad en 5 m<sup>3</sup>/s); la ampliación de la capacidad de tratamiento de aguas residuales (para remplazar el agua de primer uso por aguas residuales para su utilización en los sectores agrícolas e industriales en el Valle de México)<sup>26</sup>; otros proyectos como la presa de Guadalupe (2 m<sup>3</sup>/s), la presa de Madín (0,5 m<sup>3</sup>/s), el proyecto Zumpango (2,5 m<sup>3</sup>/s), y otras fuentes (5 m<sup>3</sup>/s) (CONAGUA, 2012a).

El resumen de la capacidad incremental de las nuevas fuentes para el Valle de México<sup>27</sup> y su costo unitario se presenta en el cuadro 19. Se incluyen como fuentes adicionales las mejoras de eficiencia que se presentan en el balance hídrico, que por sí solas cubrirían el déficit que se presenta en el escenario tendencial; sin embargo, no resuelve el uso insostenible de las fuentes subterráneas.

El total de la capacidad incremental es del 25,4 m<sup>3</sup>/s; por lo tanto, el costo de inversión en nuevas fuentes puede desplazarse al implementarse las medidas de eficiencia, que son prioritarias por su menor costo y por su importante contribución a la disminución del déficit.

Cabe notar que ni en un escenario tendencial, ni en un escenario verde, se podría llegar con esas fuentes a cerrar completamente la brecha con el nivel sostenible de producción de las fuentes existentes. Se mantendría una brecha amplia del orden de 21 m<sup>3</sup>/s para la cual sería necesario identificar aún más fuentes fuera del Valle de México.

**Cuadro 19. Capacidad incremental de las nuevas fuentes de producción y costo unitario asociado.**

Posible fuente	Producción m <sup>3</sup> /s	Costo unitario \$/m <sup>3</sup>
Sustitución agua reúso	2,1	2,36
Racionalización consumo	8,3	2,48
Pérdidas comerciales	1,0	2,48
Pérdidas físicas	4,0	4,25
Madín	0,5	4,60
Zumpango	2,5	4,72
Guadalupe	2,0	4,84
Cutzamala	5,0	10,86
<b>Total</b>	<b>25,4</b>	

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la CONAGUA 2012a.

El gráfico 15 presenta las fuentes que eliminarían el déficit y el costo unitario correspondiente. El proyecto Cutzamala está siendo construido y por tanto se incluye, a pesar de tener un costo superior a los otros proyectos.

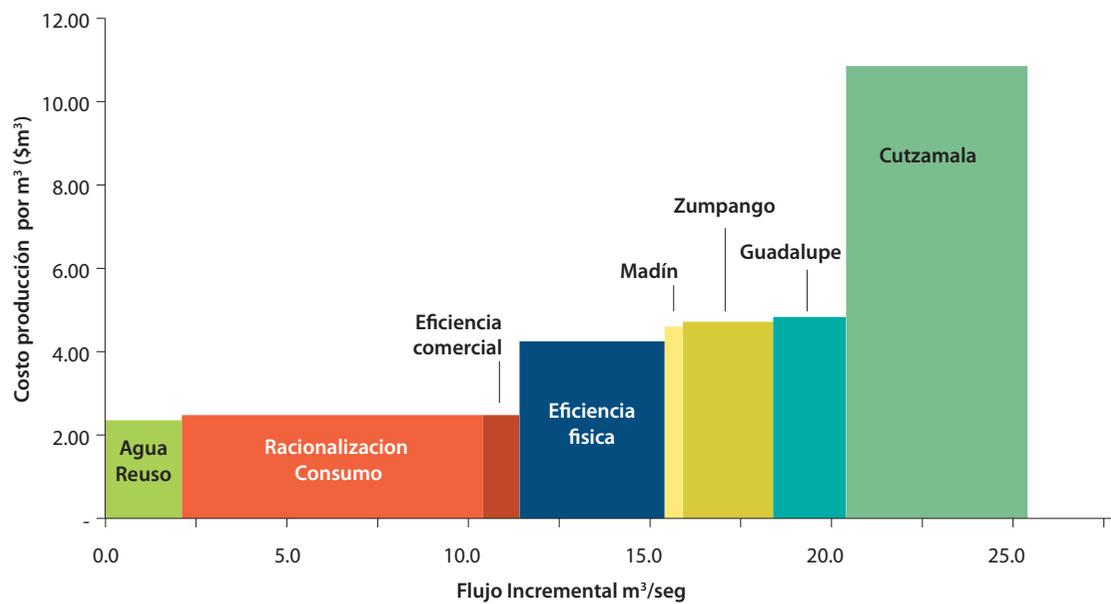
<sup>26</sup> Se asume que se aumentará el tratamiento de aguas residuales en el Valle de México en el mismo caudal que hoy se realiza, es decir 2,1 m<sup>3</sup>/s aproximadamente.

<sup>27</sup> La información de los costos de inversión en Madín, Zumpango, Guadalupe y Cutzamala se tomó de publicaciones de CONAGUA. Los costos operativos de estas fuentes se asumen iguales a los costos operativos actuales. Para la sustitución con agua de reúso se asumió que se duplicará lo que se utiliza de agua de reúso actualmente en el Valle de México. Las eficiencias en reducción de consumo y de pérdidas físicas corresponden a los resultados de este estudio.



© Archivo fotográfico de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

**Gráfico 15. Flujo incremental de cada fuente y costo unitario asociado.**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la CONAGUA 2012a.



# VI. Recomendaciones y conclusiones

## A Conclusiones

**México se ha posicionado como un referente del desarrollo verde, pero en el Valle de México queda mucho por hacer para alcanzar un manejo del agua eficiente, sostenible y equitativo.** Desde hace varios años México ha demostrado un liderazgo internacional reconocido en cuanto al desarrollo verde y sostenible; su compromiso se ha demostrado en muchos sectores, incluso en el del manejo del agua. Este estudio muestra sin embargo una vez más que el manejo actual del agua en el Valle de México no está a la par de otras grandes aglomeraciones de la región latinoamericana<sup>28</sup>, no es ni eficiente, ni sostenible, ni equitativo, y amenaza así la capacidad de generaciones futuras de aprovechar también un recurso tan vital como el agua, como lo resaltan los párrafos a continuación.

**La situación de los recursos hídricos en el Valle de México es muy crítica.** El Valle hospeda la mayor aglomeración de América Latina en una cuenca endorreica relativamente pequeña y bajo un clima con precipitaciones relativamente modestas<sup>29</sup>. El crecimiento urbano ha significado que la disponibilidad actual de agua en el Valle esté en el orden de 74 m<sup>3</sup>/habitante, lo que podría considerarse como una situación de estrés hídrico extremo (CONAGUA, 2009). Es probable que el cambio climático genere sequías aún más fuertes que las que se han observado hasta ahora. A pesar de esta situación, en el Valle se mantienen varios usos no urbanos como el uso agrícola (16,1 m<sup>3</sup>/s). Hoy en día en el Valle existe una sobreexplotación dramática de los acuíferos locales (25,0 m<sup>3</sup>/s) complementada por trasvases de agua de cuencas vecinas (19,5 m<sup>3</sup>/s) costosos social y financieramente.

**Las prácticas actuales de gestión del agua urbana en el Valle de México son ineficientes e insostenibles.** Actualmente, 32% del agua de abastecimiento urbano en el Valle proviene de extracciones insostenibles de las fuentes, principalmente por sobreexplotación de los acuíferos del Valle. Además, cerca de 33% del agua no se usa eficientemente en comparación con buenas prácticas internacionales, ya sea porque los niveles de pérdidas físicas y comerciales en los sistemas de agua (570 a 650 litros diarios por toma), son

<sup>28</sup> Véase anexo VIII A para una comparación resumida de la situación del Valle con otras grandes aglomeraciones de la región.

<sup>29</sup> La precipitación media anual de la región es de 612 milímetros, mientras que la precipitación media anual nacional es de 760 milímetros (CONAGUA, 2011).



superiores a las buenas prácticas internacionales (<125 litros diarios por toma), o porque los usuarios finales consumen volúmenes mayores (300 litros diarios por persona) a los que se consumen en otras ciudades comparables<sup>30</sup>. Además, los costos de la provisión del servicio son apenas cubiertos en un 51% por la tarifa, amenazando así la sostenibilidad de los mismos. Finalmente, solo el 16% de los organismos operadores puede ser considerado de desempeño bueno o normal.

**Estas prácticas generan un impacto negativo importante en la población y en la economía del Valle.**

Con base en escenarios conservadores, se estima que la población asume un costo económico del orden de \$28 168 millones anualmente para compensar las deficiencias del servicio, y en particular la ausencia de continuidad, la limitada cobertura de drenaje y la falta de tratamiento de las aguas servidas. Este monto es casi el triple del monto pagado por concepto de tarifa, lo que muestra que hay espacio para una discusión racional sobre el financiamiento del servicio, dado que la población siempre termina pagando la cuenta, ya sea a través de la tarifa, a través de los impuestos que financian subsidios o a través de los costos de compensación por el servicio deficiente. El costo económico del servicio deficiente representa el 1% del PIB del Valle, porcentaje que la economía deja de crecer por carecer de un buen servicio, y que en su mayor parte es asumido por la población más pobre y sin servicio.

**Las proyecciones a 2030 muestran que si no se toman medidas significativas, se estarían transfiriendo retos cada vez mayores a la próxima generación.**

Bajo el supuesto de que se mantengan las prácticas actuales de manejo del agua en el Valle, las fuentes sostenibles actuales (45,6 m<sup>3</sup>/s) representarían solo un 50% de la demanda futura total (91,8 m<sup>3</sup>/s); el 23% seguiría proviniendo de la sobreexplotación de los acuíferos (21,1 m<sup>3</sup>/s) a costos cada vez mayores y asumiendo que no se agoten antes, y para el 27% restante (25,1 m<sup>3</sup>/s) sería necesario buscar nuevas fuentes. En ese escenario tendencial la calidad de servicio probablemente empeoraría por carencia de agua, y la cantidad cada vez mayor de agua a importar en el Valle podría generar conflictos sociales significativos en las cuencas vecinas y con otros usuarios, como los agricultores. Los costos económicos crecerían a \$35 300 millones, el 1,02% del PIB del Valle y casi el triple del monto de la inversión efectiva. El Gobierno estaría obligado a aumentar cada vez más sus subsidios al sector, que llegarían a representar las dos terceras partes de los costos financieros del servicio.

**Aun buscando seguir una trayectoria de crecimiento verde, con un uso más eficiente del agua y una mayor calidad y cobertura de servicio, el Valle deberá enfrentar el problema de la sostenibilidad de sus recursos hídricos.**

Se realizaron proyecciones asumiendo que el Valle logrará buenas prácticas en términos de gestión del agua urbana, tanto en la disminución de las pérdidas físicas y comerciales, como en el control de la demanda; se asumió también que el servicio se vuelva universal y continuo, lo que significa retos significativos en términos de disponibilidad de los recursos hídricos. En este caso el déficit se podría disminuir dramáticamente reduciéndolo de un escenario tendencial de 25,1 m<sup>3</sup>/s a un escenario verde de 11,7 m<sup>3</sup>/s<sup>31</sup>. Además del menor déficit, se mantendría el reto planteado por las actuales fuentes insostenibles de agua en el Valle. Sin embargo, este escenario lograría mejoras significativas en cuanto al impacto financiero: la tarifa lograría cubrir el 67% de los costos del servicio, los subsidios del Gobierno se dirigirían solo a la inversión, y el impacto económico del mal servicio en el Valle se eliminaría.

## B Recomendaciones

La estrategia para enfrentar los desafíos señalados y ubicar al Valle de México en una trayectoria de crecimiento más eficiente, equitativa y sostenible —en otra palabra, más verde— tiene que venir de un cambio de todos los actores del Valle. El presente estudio no busca proponer, sino informar soluciones; estas tienen que ser adoptadas por los mismos actores y responsables de políticas del Valle de México en los varios órdenes de Gobierno. Sin embargo, a continuación se plantean algunas recomendaciones

30 En la ciudad de Monterrey por ejemplo el consumo promedio por persona es de 130 litros diarios (SADM, 2011); véase anexo VIII A para mayores detalles.

31 Sin incluir los 21,1 m<sup>3</sup>/s de usos de fuentes no sostenibles actuales que también se tendrían que remplazar.

que estos responsables de políticas podrían tener en cuenta a la hora de desarrollar las estrategias que se consideren oportunas en el contexto socioeconómico y político del Valle de México.

Cualquier estrategia deberá abordar tres temas de fondo: i) la creación de un entorno propicio al cambio; ii) el abordaje integral del ciclo del agua urbana, y iii) la generación de un respaldo amplio en la sociedad y en la clase política.

### a) Crear un entorno propicio

Por entorno propicio se entiende una serie de actividades, descritas en los párrafos a continuación, que permitan generar las condiciones necesarias al cambio en las prácticas de gestión del agua urbana en el Valle de México. La reciente publicación, por parte de la CONAGUA, de la *Política Pública de Mejoramiento de Eficiencias en los Sistemas Urbanos de Agua Potable y Saneamiento en México* (CONAGUA, 2012b) es también un paso importante para consolidar una visión que mejore la eficiencia del sector en el país.

#### *Mejorar la calidad de información*

Si bien es cierto que existe, principalmente por parte de la CONAGUA, amplia información sobre el recurso hídrico en el Valle de México, es necesario mejorar tres aspectos muy importantes: i) la calidad/confiabilidad; ii) la cobertura, y iii) el acceso a la información disponible. Así se promovería que las decisiones estén fundamentadas en el análisis correcto de la información. En particular no solo es importante que exista la información, sino que también esta información se consolide a nivel de una visión para toda la cuenca.

- **Seguimiento de los acuíferos.** Hoy en día no existe un seguimiento cercano de los acuíferos del Valle y sus extracciones, y en particular aquellos que sirven para abastecimiento urbano; la mayor parte de las extracciones son realizadas directamente por los organismos operadores; sin embargo, no se pudo evidenciar que estuvieran, ya sea directamente o en coordinación con la CONAGUA, midiendo de manera sistemática ni los volúmenes realmente extraídos ni la evolución de los niveles freáticos. Tampoco se evidenció la existencia de mecanismos de consolidación de la información por parte de la CONAGUA a nivel de un esfuerzo consolidado de seguimiento de los acuíferos, a pesar de su situación crítica de sobreexplotación.
- **Desempeño de los organismos operadores.** Como lo mostró el estudio, la mayor parte de los organismos operadores del Valle tienen un desempeño muy por debajo de las buenas prácticas nacionales e internacionales. Tanto sus indicadores físico-financieros y comerciales como el análisis de sus procesos mostraron deficiencias importantes; sin embargo, llama la atención que no exista información confiable al respecto, a pesar de que sea la base para definir medidas y políticas de mejoramiento, por ejemplo con base en una clasificación de los organismos operadores como la propuesta en este estudio.
- **Medición de balances hídricos.** Los organismos operadores generalmente desconocen la cantidad de agua que están distribuyendo, bien sea porque sus fuentes, especialmente pozos, no cuentan con instrumentos funcionales para ello, bien porque la instrumentación existente es operada por la CAEM o la CONAGUA y esta información no se comparte con el operador sino solo al momento de recibir la factura por los derechos de agua (que usualmente no es atendida por el personal de operaciones). De la misma manera, la mayoría de los usuarios no están medidos (con excepción del Distrito Federal, donde los niveles de micromedición son mayores). En este sentido no es posible un seguimiento continuo de los balances de entradas y salidas en el sistema, orientado a mejorar la eficiencia de la distribución.

### ***Definir un mecanismo de coordinación y de decisión a nivel del Valle***

**No existe un mecanismo operativo de consolidación, coordinación y decisión a nivel del Valle.** Hoy en día no existe una instancia operativa a nivel de cuenca que pueda no solo consolidar de manera continua la información sobre el uso de agua, la evolución de los acuíferos, los padrones de consumo, etc., sino también coordinar la implementación de una verdadera estrategia de cambio entre los varios órdenes de gobierno y actores principales. Los varios mecanismos existentes (Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México —Región XIII— de la CONAGUA, Consejo de Cuenca del Valle de México, Fideicomiso 1928 de BANOBRAS<sup>32</sup>, etc.) no tienen los mandatos o poderes suficientes para manejar efectivamente el recurso del Valle de manera coordinada. Es importante que se cree un espacio de consolidación de información, definición de una estrategia conjunta y seguimiento a la implementación de la misma. Cualquier propuesta tendrá que tomar en cuenta la soberanía de los órdenes de gobierno involucrados pero también la necesidad de manejar de manera conjunta un recurso hídrico que es compartido y cuyo deterioro acelerado está afectando a todos los actores del Valle. En este sentido se debería considerar también el hecho de que la mayor parte de las demás metrópolis de América Latina, como São Paulo, Bogotá, Santiago de Chile o Monterrey, lograron dotarse de organismos operadores únicos, fuertes y autónomos a pesar de tener también varias jurisdicciones y niveles de gobierno.

### ***Mejorar el entorno legal e institucional de la prestación de los servicios***

**En el Distrito Federal se debe modernizar la situación institucional de la prestación de los servicios, creando un organismo operador autónomo, eficiente y sostenible.** La situación de los servicios en el Distrito Federal es diferente al caso de la mayor parte del resto del Valle; no existe un organismo operador descentralizado o desconcentrado que preste el servicio. Más bien, el SACM trabaja dentro de la administración del Distrito, y no tiene autonomía presupuestaria. De la misma manera, la operación de la red de distribución final al usuario está a cargo de las delegaciones del Distrito Federal y no de SACM. Finalmente, a pesar de tener niveles de micromedición elevados comparativamente con el resto del Valle, el uso de los mismos para facturación está sujeto a disposiciones arbitrarias de la cámara de diputados del Distrito Federal y los niveles tarifarios no permiten generar la señal económica correcta a los usuarios sobre el valor del recurso agua, ni cubrir los costos del servicio. Esta desarticulación y ausencia de autonomía hacen difícil un uso eficiente del recurso y un servicio de calidad.

**El Estado de México ha adoptado una nueva Ley del Agua en 2011, pionera en el país por definir un marco institucional de buenas prácticas, que se debe implementar ahora.** La Ley del Agua define, por primera vez en México, una función de regulación económica y de calidad de servicio; así como una serie de principios para la prestación de servicios eficientes y de calidad. Es de mucha importancia que esta ley se instrumente y se ponga en práctica. En la implementación de la ley, tanto la comisión reguladora como la CAEM deberán prestar particular atención a los mecanismos de transición, y tomar en cuenta la diversidad, en términos de tamaño y de desempeño, de organismos operadores en el Valle y en el Estado, y apoyarlos para llegar a la situación de prestación de servicio planteada por la ley. Para tal efecto, será importante además de una regulación inteligente, mecanismos de incentivos y apoyos financieros y técnicos a la medida de las necesidades de los organismos operadores. En particular, considerando que el mayor crecimiento habitacional en los próximos años se dará en aquellas ciudades con poblaciones entre 100 000 y 500 000 habitantes, es de vital importancia que se intensifiquen los esfuerzos de fortalecimiento de estos organismos operadores, de manera que sean realmente capaces de afrontar el reto de atender una infraestructura en

32 El Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (Región XIII) de la CONAGUA, da seguimiento parcial a esta información, pero está limitado por la información que le llega y no es una instancia de toma de decisión o de coordinación. El Consejo de Cuenca del Valle de México existe desde hace más de 15 años pero no parece ser tomado en cuenta en las decisiones operativas y estratégicas de gestión del agua urbana en el Valle. Ambas instituciones abarcan el Valle de México y el Valle de Tula. Existe también un mecanismo de cofinanciación de grandes inversiones (con prioridad en el saneamiento) a través del Fideicomiso 1928 de BANOBRAS, que está alimentado de manera conjunta por el Estado de México y el Distrito Federal; sin embargo su actuación está limitada al financiamiento de infraestructura.

constante crecimiento, con visión de sostenibilidad a largo plazo, sin olvidar las enormes necesidades de inversión en infraestructura pendientes por ejecutar.

**En ambos casos, la búsqueda de mecanismos de transparencia, rendición de cuentas y participación ciudadana es importante.** A pesar de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, hoy en día no existe una cultura amplia de informar y rendir cuentas hacia el público por parte de los organismos operadores. Pocos de ellos hacen de fácil acceso sus estados financieros, mucho menos sus indicadores de desempeño. Tampoco son frecuentes los mecanismos efectivos de rendición de cuentas o de participación ciudadana. Sin embargo difícilmente se podrá generar el respaldo amplio mencionado más abajo si no existe, en el público y la clase pública, mecanismos establecidos y efectivos para acceder a, entender y aprovechar información sobre el estado del sector en el Valle, y así tomar decisiones y acciones informadas.

### *Buscar esquemas de financiamiento sostenibles*

**La situación financiera de los servicios hoy en día no es propicia para una gestión eficiente y sostenible del agua en el Valle.** Actualmente, el servicio está financiado —cerca del 50%— a través de subsidios de los varios órdenes de gobierno. Esta situación genera por un lado una pérdida de autonomía de los organismos operadores y abre espacio para que su gestión no esté regida por principios empresariales y de servicio público, y por otro lado manda una señal económica equivocada al usuario final, ya que no se valora el costo total del servicio en la factura, y puede generar situaciones en las que los fondos de subsidio del Gobierno no se dirigen a quienes realmente los necesitan, en la medida que grandes consumidores se benefician de manera desproporcional de subsidios a la inversión.

**En este sentido es importante que se promueva una visión de responsabilidad de los organismos operadores por el costo total del servicio, principalmente a través de una tarifa más acorde a los costos reales del servicio, con subsidios claramente enfocados socialmente.** En la medida en que los niveles tarifarios se ajusten al costo total de los servicios y los organismos operadores se hagan responsables de los mismos, se podrán liberar recursos importantes del Gobierno que deberían dirigirse tanto a las clases de menor ingreso como a las inversiones para extender el servicio de agua y drenaje a la población que no lo tiene, y se mandará al usuario final una señal económica más acorde a la situación crítica del recurso agua. Además, cualquier subsidio transitorio a la inversión o a la operación debería de rediseñarse de manera que brinde incentivos a los organismos operadores para lograr que los organismos beneficiados se orienten hacia una trayectoria más eficiente y sostenible.

## **b) Trabajar sobre todo el ciclo del agua urbana**

En paralelo con la creación de un entorno propicio, es importante que se busque reconciliar la brecha entre la disponibilidad sostenible de agua en el Valle y su uso; para esto es importante que se aborde cada uno de los pasos del ciclo del agua urbana; esto en paralelo con un esfuerzo concertado para mejorar la cobertura y continuidad de los servicios.

### *Mejorar la calidad y cobertura del servicio*

**Es importante tomar en cuenta que cualquier mejora de eficiencia o control de demanda no debería hacerse a costa de la cobertura o calidad del servicio.** Este punto es particularmente significativo en el contexto del Valle de México, donde muchos de los sistemas ofrecen un servicio discontinuo, por lo que sus pérdidas físicas son relativamente bajas; sin embargo, estas aumentarían forzosamente, en primera instancia, cuando mejore la continuidad del servicio. De igual manera, las pérdidas comerciales en apariencia son bajas por los bajos niveles de cobertura de la medición que se justifica en la pobre



calidad del servicio y en la poca aceptación de los clientes a ser medidos, que se compensan por los altos volúmenes implícitos en las tarifas de cuota fija.

### **Minimizar las ineficiencias**

**La primera prioridad deberá ser la de minimizar las ineficiencias en el uso actual del agua, en particular con respecto a las pérdidas comerciales y físicas en los sistemas de agua.** La intermitencia del servicio, si bien es usual en casi todos los sistemas analizados, no se tiene cuantificada, pudiendo llevar esta situación al desperdicio del agua en aquellos clientes sin o con baja capacidad de almacenamiento o en aquellos con almacenamiento pero sin control de rebose. Esta situación además crea condiciones muy agresivas para la operación de la infraestructura por el continuo vaciado y llenado de las redes, que aumenta de manera significativa los daños, tanto en redes como en tomas de servicio, lo que a su vez aumenta las pérdidas físicas. En términos prácticos, la gestión de las pérdidas físicas es de tipo reactivo, y se limita a la atención de los daños, no siempre con las mejores prácticas y materiales. La búsqueda sistemática de fugas no visibles no está dentro de las actividades habituales de los organismos operadores y la gestión de presiones se limita a zonas con presiones altas, en respuesta a las quejas de los clientes que participan de un programa de reducción de pérdidas. Para lograr niveles menores de pérdidas será necesario un conjunto de acciones de inversión, de capacitación y de control y seguimiento por parte de una instancia externa, por ejemplo a nivel del Estado o del Valle.

### **Controlar la demanda**

**Otra prioridad para mejorar la eficiencia del uso del agua urbana es el control de la demanda.** Hoy en día el consumo por habitante en el Valle llega al orden de 300 litros diarios por persona, cuando el promedio en otras metrópolis de la región (São Paulo, Medellín, Bogotá, Monterrey) está en el orden de 120 y 130 litros diarios por persona (véase anexo VIII A para mayores detalles). Para lograr reducir la demanda a nivel de usuario final se tendrán que tomar varias medidas:

- *Fomentar la micromedición.* Con excepción del SACM, la cobertura de medición en los otros sistemas urbanos es baja, por lo que el consumo de los clientes en su gran mayoría es estimado o está asociado a una tarifa fija que no genera incentivos en el organismo operador para ampliar la medición, puesto que en la mayoría de los casos se reducirían sus ingresos. Hoy en día todas las ciudades con servicio de agua de alta calidad y sostenibilidad en América Latina tienen un nivel de micromedición cercano al 100%, y el Valle de México no debería ser la excepción (véase anexo VIII A).
- *Tener tarifas con una señal económica clara.* Por las razones señaladas anteriormente. Como lo muestra el anexo VIII A, el nivel tarifario del Valle de México está muy por debajo de buenas prácticas regionales.
- *Asegurar una estrategia de cobranza efectiva.* Si el consumo se mide y se factura, pero no se cobra de manera efectiva, la medición no tiene el efecto pretendido. En el Valle hoy en día los niveles de recaudación son relativamente bajos (77%) comparados con buenas prácticas internacionales (95% o superior), que se explican en parte en los descuentos de ley a los que están obligados los organismos operadores, sin que se creen fuentes alternas de financiación para la operación del sistema.
- *Acompañar con campañas de cultura del agua.* Las reducciones de demanda de agua, logradas desde hace más de 10 años en la mayor parte de los países de la OCDE, están vinculadas con una toma de consciencia por parte del usuario en cuanto al papel que él juega en esta problemática, así como el desarrollo de tecnologías y equipos más eficientes tanto a nivel residencial como a nivel industrial. En México se ha hecho mucho en este

tema pero se puede seguir haciendo más, en particular vinculando estas campañas más directamente con los demás esfuerzos de control de demanda.

### **Cerrar la brecha entre demanda eficiente y producción sostenible**

**Las medidas de mejora de eficiencia y control de demanda no lograrán por sí solas cerrar la brecha entre el nivel de demanda eficiente a 2030 (78,4 m<sup>3</sup>/s) y el nivel actual de producción sostenible (45,6 m<sup>3</sup>/s).** En este sentido, se deberá tomar un conjunto de acciones para identificar nuevas fuentes, más allá de las ya identificadas o en construcción; se destaca en particular:

- La posibilidad de ampliar el reúso de aguas residuales tratadas en sustitución de agua potable. Aunque el reúso de aguas residuales tratadas para consumo humano es técnicamente posible y se hace en varias ciudades del mundo (Singapur, Windhoek) de manera más inmediata existirá la posibilidad de ampliar su uso en el contexto agrícola e industrial (parcialmente), así como también en el recreativo y municipal. Este primer uso combinado (agrícola e industrial) representa cerca de 21,2 m<sup>3</sup>/s de agua urbana en el Valle, cuando el reúso actual solo llega a 6,1 m<sup>3</sup>/s.
- La posibilidad de sustituir usos. A pesar de la situación extremadamente crítica de los acuíferos del Valle, se sigue usando 12,6 m<sup>3</sup>/s para efectos de irrigación, en su mayoría agua subterránea. El costo de oportunidad del agua en el Valle es demasiado alto para que se pueda dedicar a usos de menor valor agregado. Podría resultar más oportuno al Gobierno y a la sociedad indemnizar a los agricultores del Valle, comprando sus derechos de extracción, que seguir extrayendo a niveles insostenibles o trayendo el agua de otras cuencas. Posiblemente el reúso de aguas servidas tratadas permita también sustituir en parte las aguas subterráneas.

### **Reconocer el impacto del desarrollo urbano en la gestión del agua**

**Sin entrar en mayor detalle, el concepto de la gestión integral de aguas urbanas (*Integrated Urban Water Management*<sup>33</sup>) reconoce el potencial de beneficio mutuo de abordar la gestión del agua y del desarrollo urbano coordinadamente.** En el caso concreto del Valle de México se podría señalar, entre otras, las grandes oportunidades ofrecidas por: i) la definición de exigencias de aprovechamiento de aguas pluviales en nuevas urbanizaciones y de limitación del consumo de agua; ii) la integración de la protección de las cuencas y áreas de recargas en la planificación urbana y en los programas de mejoramiento de barrio; iii) la planificación conjunta de espacios verdes recreativos y plantas de tratamiento de aguas residuales para facilitar el reúso; iv) la revalorización de los cuerpos de agua existentes tanto como elementos estructurales de la fábrica urbana, como medidas de control de inundación o recarga de acuíferos, y v) la inclusión en los planes de desarrollo urbano de una visión integral del ciclo urbano del agua, incluyendo la prestación de los varios servicios públicos relacionados con el agua, así como de los cuerpos de agua existentes o futuros y sus varias funciones (ecológicas, económicas, de regulación, de recreación etc.).

### **Prepararse para situaciones extremas**

**Gran parte del presente documento se enfoca en promedios y situaciones normales.** Sin embargo, es notorio que el clima tiene impactos fuertes en la disponibilidad de recursos e importantes también en la demanda hídrica, a menudo desafortunadamente en sentido opuesto. Los efectos del impacto climático

33 Véase [www.worldbank.org/laciuwmm](http://www.worldbank.org/laciuwmm) para mayores detalles.

tienden a aumentar la variabilidad climática en el Valle. En este contexto, y en paralelo con las medidas más relevantes presentadas en estas recomendaciones, se debería desarrollar un plan de gestión de la sequía tal como lo tienen otras grandes ciudades del mundo que se encuentran en un contexto similar. Este plan deberá permitir llevar a cabo con tiempo y de manera organizada la reflexión y planificación sobre las medidas que se tengan que tomar cuando exista una situación de crisis, y de la misma manera, y sin que haya sido un enfoque particular del presente documento, una capacidad de gestión dinámica de inundaciones.

### c) Generar un amplio respaldo en la sociedad y en la clase política

**Finalmente, es importante reconocer que las medidas propuestas en los párrafos y las páginas anteriores, si bien pueden ser consideradas como ideales, no son necesariamente populares, razón por la cual no se podrán implementar sin que exista un respaldo amplio tanto en la clase política en las varias jurisdicciones y órdenes de gobierno como en la población.** Solo cuando exista un diálogo y un consenso amplio y diverso sobre el tema, será posible también llegar a un resultado diferente al actual. En este sentido, el papel de la instancia de coordinación (mencionada al inicio de estas recomendaciones), será fundamental para definir de manera participativa y abierta un futuro más eficiente, más sostenible y más equitativo; en una palabra, más verde. Esta tarea probablemente sea la más difícil de todas, pero también la más importante.







## VII. Referencias

- Alegre, H. y otros. 2006. *Performance Indicators for Water Supply Services*. IWA Manual of Best Practices.
- Breña-Puyol, A. y Breña-Naranjo, J. 2009. "Problemática del recurso agua en grandes ciudades: zona metropolitana del valle de México". *Contacto S*, 74, 10-18.
- CCVM (Consejo de Cuenca del Valle de México). 2006. "Consejo de Cuenca del Valle de México". *Recuperado el 16 de marzo de 2012, de Consejo de Cuenca del Valle de México: <http://cuencavalledemexico.com/planeacion/cuenca-del-valle-de-mexico/principales-caracteristicas-y-problematika-de-la-region/>*.
- Comité de Academias para el Suministro de Agua de la Ciudad de México. 1995. *El suministro de agua de la Ciudad de México: mejorando la sustentabilidad*. Water Science and Technology Board, Commission on Geosciences, Environment and Resources National Research Council, Academia de la Investigación Científica, Academia Nacional de Ingeniería. Washington D.C.: National Academy Press.
- CONAGUA. 2012a. *Proyectos estratégicos de agua potable, drenaje y saneamiento*. Comisión Nacional de Agua. Distrito Federal: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. 2012b. *Política Pública de Mejoramiento de Eficiencias en los Sistemas Urbanos de Agua Potable y Saneamiento en México*. Distrito Federal: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. 2012c. *Programa Hídrico Regional Visión 2030 / Región Hidrológico-Administrativa XIII Aguas del Valle de México*. Distrito Federal: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. 2011. *Estadísticas del agua en México*. Distrito Federal: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. 2010. *Estadísticas del agua en México*. Comisión Nacional del Agua. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. 2009. *Estadísticas del agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII*, Aguas del Valle de México. Distrito Federal: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. 2007. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Comisión Nacional del Agua. Distrito Federal: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAPO. 2010. *Proyecciones*. Distrito Federal, México.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 31 de enero de 2003. "Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización". México, Distrito Fe-

- deral, México. Obtenido de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=706659&fecha=31/01/2003](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=706659&fecha=31/01/2003).
- Escolero, O., Martínez, S. y Kralisch, S. y Perevochtchikova, M. 2009. *Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México en el contexto de cambio climático*. Universidad Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Atmósfera. Distrito Federal: Centro Virtual de Cambio Climático.
- Gobierno del Distrito Federal. 2008. *Plan maestro de manejo integral y aprovechamiento sustentable de la cuenca del río Magdalena del Distrito Federal*. Distrito Federal: Gobierno del Distrito Federal.
- Heath, S. y Philippe, E. 2012. *Sur la réserve exploration d'une approche urbaine por la résolution d'un problème technique: l'épuisement des ressources hydriques à Mexico*. Thesis, Maitre EPFL: Gotz Menzel.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 2009. *Priorización y recomendaciones de acciones de conservación en las subcuencas del sistema Cutzamala*. Instituto Nacional de Ecología, Dirección de manejo integral de cuencas y Dirección general de investigación de ordenamiento ecológico y conservación de ecosistemas. Distrito Federal: Gobierno del Distrito Federal.
- INEGI. 2011. *Resultados definitivos del Censo de Población y Vivienda 2010*. Ciudad de México, Distrito Federal, México. Recuperado el 16 de noviembre de 2011, de <http://www.censo2010.org.mx/>
- Jiménez, B. y Marín, L. 2005. *El agua en México vista desde la Academia*. México: Academia Mexicana de Ciencias.
- Juan, A. 2008. *Estimación de función de precios hedónicos para la mejora ambiental del río Matanza-Riachuelo y la extensión de redes cloacales*. Buenos Aires: informe preliminar.
- Lambert, A. 2003. "Assesing non-revenue water and its components: a practical approach". *Water* 21(5.4), 50-51.
- Ministerio de Planeacion Federal. s.f. *Valoracion hedónica del servicio cloacal en Buenos Aires*. Mendoza: Secretaría de Obras Públicas. Subsecretaría de Recursos Hídricos. Instituto Nacional del Agua.
- Morelos Novelo, J. y Rodríguez Tapia, L. 2007. *Economía del agua: Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas*. Distrito Federal: LX Legislatura Cámara de Diputados-UAM.
- OCDE. 2009. *Strategic Financial Planning for Water Supply and Sanitation*. París: OECD Publishing.
- Organismos operadores. 2008-10. Estados financieros. Distrito Federal y Estado de México.
- SADM. 2011. Nuevo León, Monterrey, México. Recuperado el 20 de julio de 2012, de <http://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/jsp/prensa.jsp?id=256>.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social)-CONAPO-INEGI. 2007. *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005*. Distrito Federal: SEDESOL.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. *Estudio para la caracterización y diagnóstico del programa de ordenamiento ecológico del territorio de la Cuenca de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Distrito Federal.
- Van den Berg, C. y Danilenko, A. 2010. *The IBNET Water Supply and Sanitation Performance Blue Book*. Washington D.C.: Banco Mundial.
- Vargas-Velásquez, S. 2007. *Agua y sociedad en el Alto Lerma: El módulo Tepetitlán*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.





## VIII. Anexos

### A Comparativo con otras grandes aglomeraciones de América Latina

Indicador	Valle de México	Monterrey	Bogotá	Santiago de Chile	Sao Paulo
<b>Población (M habitantes)</b>	20.0	4.0	7.9	5.4	19.8
<b>GDP/habitante (US\$/habitante)</b>	17,390	13,750	9,424	12,805	19,049
<b>Numero de municipios</b>	70	12	18	37	39
<b>Numero de OOs</b>	24	1	1	1	1
<b>Tipo de OOs</b>	Varios	Empresa estatal	Empresa pública	Empresa privada	Empresa estatal mixta
<b>Cobertura de agua</b>	95%	100%	98%	100%	100%
<b>Cobertura de drenaje</b>	92%	100%	97.4%	99.3%	100%
<b>Consumo per cápita (l/cap/día)</b>	300	130	99	150	125
<b>Disponibilidad de agua renovable (m<sup>3</sup>/hab/año)</b>	74	484	270	260	200
<b>Conexiones con medidor</b>	52%	98%	98%	95%	100%
<b>Calidad de Servicio</b>	Tandeado	Continuo	Continuo	Continuo	Continuo
<b>Agua no facturada (%)</b>	39%	24%	40%	31.6%	28%
<b>Índice de recaudación</b>	77%	95%		99%	
<b>Cobertura de costos</b>	51%	95%	111%	190%	122%
<b>Tarifa promedio (US\$/m<sup>3</sup>)</b>	0.55	0.85	1.23	2.83	1.51

Fuente: Superintendencia de Estudios Sanitarios, Gobierno de Chile; informe anual 2012 de benchmarking de la Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas; Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Republica de Colombia.

## B Municipios del Valle de México (clasificado por población)

	Entidad federativa	Clave INEGI	Delegación/municipio	Población total	PEA	% agua	% drenaje
1	Distrito Federal	09000	Total del Distrito Federal	8 851 639	45,6%	96,8%	98,9%
2	México	15033	Ecatepec de Morelos	1 656 107	42,2%	90,4%	97,7%
3	México	15058	Nezahualcóyotl	1 110 565	43,3%	94,5%	97,1%
4	México	15057	Naucalpan de Juárez	833 779	42,9%	88,6%	70,5%
5	México	15104	Tlalnepantla de Baz	664 225	42,7%	96,7%	96,7%
6	México	15031	Chimalhuacán	614 453	40,1%	89,6%	96,8%
7	México	15109	Tultitlán	524 074	42,0%	85,1%	70,9%
8	México	15121	Cuautitlán Izcalli	511 675	43,3%	97,2%	99,5%
9	México	15013	Atizapán de Zaragoza	489 937	44,2%	89,6%	97,7%
10	México	15039	Ixtapaluca	467 361	40,7%	97,0%	91,7%
11	México	15060	Nicolás Romero	366 602	40,7%	85,6%	94,3%
12	México	15081	Tecámac	364 579	40,6%	32,3%	34,6%
13	México	15122	Valle de Chalco Solidaridad	357 645	41,0%	93,2%	93,7%
14	México	15025	Chalco	310 130	38,7%	92,3%	96,5%
15	México	15020	Coacalco de Berriozábal	278 064	43,1%	99,0%	99,2%
16	Hidalgo	13048	Pachuca de Soto	267 862	44,8%	95,5%	98,8%
17	México	15070	La Paz	253 845	41,5%	96,0%	92,5%
18	México	15037	Huixquilucan	242 167	42,5%	96,5%	98,6%
19	México	15099	Texcoco	235 151	40,0%	96,8%	93,3%
20	México	15029	Chicoloapan	175 053	41,0%	98,0%	99,0%
21	México	15120	Zumpango	159 647	38,2%	91,3%	96,8%
22	México	15024	Cuautitlán	140 059	42,0%	87,2%	96,6%
23	México	15002	Acolman	136 558	37,8%	95,8%	99,1%
24	Hidalgo	13051	Mineral de la Reforma	127 404	44,3%	97,3%	99,0%
25	México	15035	Huehuetoca	100 023	37,3%	77,3%	97,9%
26	Hidalgo	13069	Tizayuca	97 461	38,6%	98,1%	98,7%
27	México	15108	Tultepec	91 808	40,5%	91,3%	96,8%
28	México	15095	Tepotztlán	88 559	40,7%	95,9%	97,9%
29	México	15091	Teoloyucan	63 115	39,9%	91,9%	96,7%
30	México	15011	Atenco	56 243	38,6%	97,0%	99,1%
31	México	15092	Teotihuacán	53 010	37,8%	88,7%	88,9%
32	Hidalgo	13061	Tepeapulco	51 664	39,2%	97,7%	96,2%
33	México	15053	Melchor Ocampo	50 240	39,5%	94,5%	97,8%
34	México	15009	Amecameca	48 421	38,0%	98,7%	99,2%
35	México	15103	Tlalmanalco	46 130	39,1%	91,1%	97,6%
36	Tlaxcala	29006	Calpulalpan	44 807	40,5%	96,8%	97,3%
37	Hidalgo	13008	Apan	42 563	37,7%	97,1%	95,0%

	Entidad federativa	Clave INEGI	Delegación/municipio	Población total	PEA	% agua	% drenaje
38	Hidalgo	13083	Zempoala	39 143	39,1%	93,9%	94,0%
39	México	15023	Coyotepec	39 030	36,2%	94,0%	97,9%
40	México	15084	Temascalapa	35 987	37,2%	82,6%	90,2%
41	México	15100	Tezoyuca	35 199	37,9%	93,5%	97,1%
42	México	15059	Nextlalpan	34 374	40,3%	94,5%	87,2%
43	México	15065	Otumba	34 232	37,8%	89,2%	95,8%
44	México	15093	Tepetlaoxtoc	27 944	39,1%	92,5%	95,7%
45	México	15044	Jaltenco	26 328	40,8%	89,3%	98,0%
46	México	15028	Chiautla	26 191	40,3%	91,7%	97,1%
47	México	15016	Axapusco	25 559	36,4%	97,2%	99,1%
48	México	15075	San Martín de las Pirámides	24 851	39,4%	85,3%	92,3%
49	México	15030	Chiconcuac	22 819	41,1%	97,8%	99,2%
50	Hidalgo	13082	Zapotlán de Juárez	18 036	42,2%	92,4%	96,5%
51	México	15046	Jilotzingo	17 970	39,8%	85,5%	97,2%
52	Tlaxcala	29021	Nanacamilpa de Mariano Arista	16 640	40,3%	97,9%	97,7%
53	Hidalgo	13057	Singuilucan	14 851	36,0%	87,1%	78,0%
54	Hidalgo	13039	Mineral del Monte	13 864	41,9%	87,1%	93,1%
55	Hidalgo	13022	Epazoyucan	13 830	42,2%	92,1%	88,6%
56	Hidalgo	13021	Emiliano Zapata	13 357	37,0%	98,9%	98,5%
57	Hidalgo	13075	Tolcayuca	13 228	41,4%	98,1%	97,9%
58	México	15022	Cocotitlán	12 142	38,7%	86,2%	97,7%
59	Hidalgo	13066	Villa de Tezontepec	11 654	39,6%	94,9%	94,2%
60	Hidalgo	13007	Almoloya	11 294	36,5%	95,9%	88,6%
61	México	15083	Temamatla	11 206	38,3%	80,3%	96,3%
62	México	15089	Tenango del Aire	10 578	38,0%	94,5%	99,4%
63	México	15038	Isidro Fabela	10 308	37,0%	85,6%	94,8%
64	Hidalgo	13072	Tlanalapa	10 248	38,8%	97,6%	95,6%
65	México	15125	Tonanitla	10 216	40,5%	93,6%	80,9%
66	México	15061	Nopaltepec	8895	38,2%	62,8%	97,5%
67	México	15017	Ayapango	8864	37,3%	98,7%	99,5%
68	Tlaxcala	29020	Sanctórum de Lázaro Cárdenas	8474	35,0%	95,1%	95,8%
69	Tlaxcala	29045	Benito Juárez	5687	36,5%	99,7%	98,5%
70	México	15069	Papalotla	4147	41,9%	85,0%	95,1%

Fuente: Censo INEGI 2010.

PEA: población económicamente activa: personas de 12 años y más que trabajaron, tenían trabajo pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia.

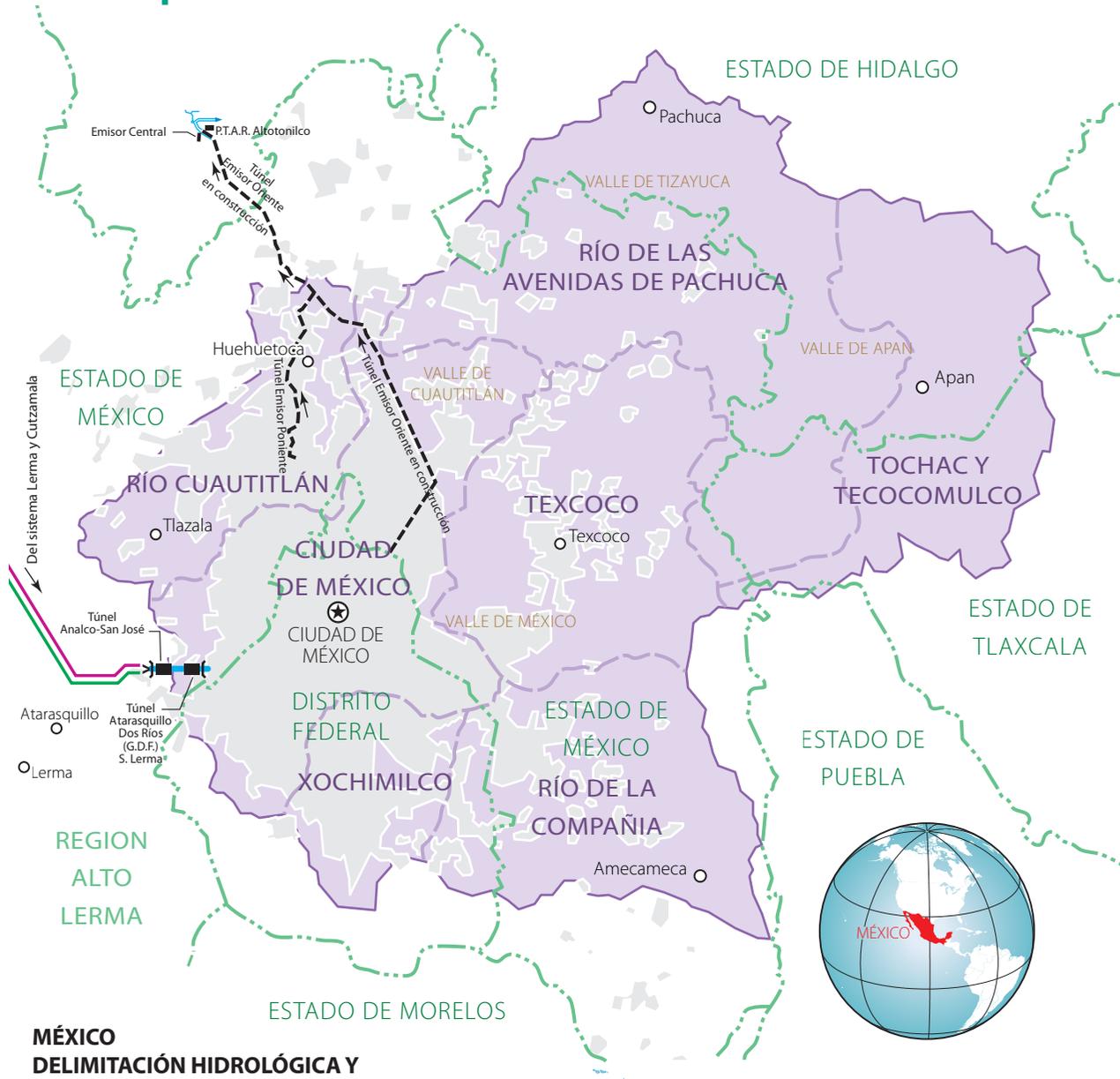
% agua: porcentaje de la población con servicio de agua potable.

% drenaje: porcentaje de la población con servicio de drenaje.

## C Índice Apgar modificado

Indicador de desempeño	Puntuación Apgar	Comentarios
<b>Cobertura agua, %</b>	0 si < 75%	Alguna diferenciación se observa entre organismos operadores, pero no es sustancial. Todos reportan tener arriba del 75%.
	1 si $\geq 75\%$ y < 90%	
	2 si $\geq 90\%$	
<b>Cobertura alcantarillado, %</b>	0 si < 50%	Para la muestra evaluada este parámetro no constituye un factor de diferenciación. Todos los organismos operadores reportan tener valores de cobertura arriba del 80%.
	1 si $\geq 50\%$ y < 80%	
	2 si $\geq 80\%$	
<b>Eficiencia global, %</b>	2 si $\geq 30\%$	El Apgar tradicional utiliza pérdidas por kilómetro de red de agua potable, pero dichos datos no estaban disponibles para los organismos operadores del Valle de México, por lo que se cambió a eficiencia global, que casi todos reportan.
	1 si $> 0$ y < 30	
	0 si no está disponible	
<b>Período de cobranza, meses</b>	0 si $\geq 12$ meses o si no está disponible	El Apgar tradicional utiliza días en lugar de meses. Pero por lo observado en los organismos operadores del Valle de México, era conveniente utilizar rangos medidos en meses.
	1 si $\geq 6$ y < 12 meses	
	2 si < 6 meses	
<b>Cobertura de micromedición</b>	2 si $\geq 40\%$	El Apgar tradicional utiliza "Asequibilidad, factura de agua y saneamiento como % del PIB por capita", lo cual no está disponible para organismos operadores, por lo que se reemplazó por este indicador relevante (cobertura de micromedición).
	1 si < 40%	
	0 si no está disponible	
<b>Coefficiente de operación</b>	1 si < 1,0	Se modificaron los rangos de valores del Apgar original para poder distinguir más a las organismos operadores entre sí.
	2 si $\geq 1,0$	
	0 si no está disponible	
<b>RESULTADO TOTAL del Apgar modificado</b>	Mínimo < 5	Debió modificarse las escalas de rangos para la clasificación de organismos operadores, en función de los cambios realizados para todos los parámetros.
	Regular 5-7	
	Normal 7-9	
	Bueno $\geq 9$	

**D Mapa**



**MÉXICO  
DELIMITACIÓN HIDROLÓGICA Y  
ADMINISTRATIVA DE LA CUENCA  
DEL VALLE DE MÉXICO**

- Cuenca de México
- Límite de subcuencas hidrográficas
- Zona urbana
- Población principal
- División estatal

Este mapa fue preparado por la Unidad de Diseño de mapas Del Banco Mundial. Las fronteras, los colores, los nombres y toda otra información contenida en este mapa no denotan, por parte del Grupo del Banco Mundial, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los territorios, ni aprobación o aceptación de ninguna de tales fronteras.

Fuente: (OCAVM, 2010, pág. 67)

0 10 20 30 km.



IBRD 39184R MARZO 2013









[www.bancomundial.org.mx](http://www.bancomundial.org.mx)

