

Modelo de evaluación del servicio de agua y drenaje en el Distrito Federal¹

Fabiola S. Sosa-Rodríguez²

Durante las últimas décadas, la escasez de agua, el deterioro de su calidad y su desigual distribución han incrementado los riesgos que enfrentan los habitantes del D.F., convirtiendo su prevención y mitigación en un desafío que exige el diseño y ejecución de perspectivas innovadoras en materia de gestión, donde la evaluación del desempeño de las instancias responsables en la prestación de dichos servicios es un requisito indispensable. Esta investigación propone un método innovador para evaluar la eficacia de la gestión del agua en el D.F. a fin de suministrar a la población con un volumen de agua suficiente que cumpla con los estándares de calidad, así como disponer las aguas residuales de manera rápida e higiénica. Asimismo, este método identifica los grupos más vulnerables para enfrentar las amenazas potenciales generadas por el insuficiente abastecimiento de agua o su deficiente calidad, por la inadecuada extracción de las aguas residuales y por las zonas y los niveles de riesgo.

Fecha de recepción: 29 de abril de 2011.

Fecha de aceptación: 22 de mayo de 2011.

Fecha de publicación: 30 de junio de 2011.

¹ La autora agradece el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), y del doctor Manuel Perlo Cohen para la realización de esta investigación.

² Posdoctorante de la Universidad de Waterloo, Facultad de Medio Ambiente, Departamento de Geografía y Gestión Ambiental, Canadá. Líneas de investigación: gestión del agua, índices de evaluación de la eficacia de la gestión, cambio climático, justicia ambiental, evaluación ambiental. Correo electrónico: fsosarod@uwaterloo.ca

Palabras clave: evaluación de la gestión del agua, evaluación del desempeño, vulnerabilidad, servicio de agua y drenaje, calidad del agua, índices, ciudad de México.

Assessment Model of the Water and Sewerage Supply Services in Mexico City

During the last decades, water scarcity, the decline in its quality and unequal distribution have increased the risks faced by the inhabitants of Mexico City, making its prevention and mitigation a challenge that requires the design and implementation of innovative perspectives on management, where performance evaluation of the authorities responsible in the provision of such services is a prerequisite. This research proposes an innovative method to evaluate the effectiveness of water management in Mexico City to provide its population with a sufficient volume of water that meets quality standards. Also to provide wastewater treatment quickly and hygienically. This method also identifies the most vulnerable population groups that face potential threats generated by insufficient water supply or poor quality, by inadequate treatment of wastewater, or by the areas and levels of risk.

Keywords: assessment of water management, performance assessment, vulnerability, water and sewerage services, quality of water, Mexico City.

Introducción

La falta o mala calidad de los servicios de agua y saneamiento constituyen una amenaza para la salud humana, el medio ambiente y el desarrollo económico. Las personas que no tienen acceso al servicio de agua directo de la red pública se ven obligadas a buscar fuentes alternativas que no necesariamente garantizan un consumo seguro y en algunos casos suelen ser más caras. Por otro lado, la disposición de las aguas residuales sin tratar y el uso indebido de fosas sépticas y letrinas han incrementado los riesgos de contaminación de aire y suelo y de las fuentes de agua superficiales y subterráneas.

Durante las últimas décadas, la escasez de agua, el deterioro de su calidad y su desigual distribución han incrementado los riesgos que enfrentan algunos capitalinos, convirtiendo su prevención y mitiga-

ción en un desafío para las autoridades responsables de la prestación de estos servicios en el Distrito Federal. Hacer frente a esta problemática para garantizar un suministro de agua suficiente y que cumpla con los estándares de calidad requiere tanto el diseño como la ejecución de perspectivas innovadoras en materia de gestión. Además de estos desafíos, nuevos retos ponen en cuestionamiento la viabilidad de la ciudad, destacando el cambio climático, el aumento de la demanda de agua, la generación e intensificación de conflictos por el acceso y control de los recursos hídricos, y la contaminación de las fuentes de agua (Sosa-Rodríguez, 2010a: 682).

Con el fin de prevenir los impactos de los riesgos generados por la falta o mala calidad del agua, así como por el inadecuado saneamiento, es indispensable que los niveles de desempeño de las autoridades responsables de la prestación de estos servicios en el Distrito Federal sean evaluados de manera sistemática. Asimismo, es necesario que los resultados de las evaluaciones realizadas se traduzcan en un lenguaje que facilite su entendimiento tanto para los tomadores de decisiones como para la ciudadanía en general a fin de que sean un insumo útil en la elaboración de la política del agua.

En este contexto, esta investigación propone un método innovador para evaluar el desempeño de las autoridades del D.F. en la prestación del servicio de agua y drenaje. En un primer momento, se analiza la eficacia en la prestación de los servicios de agua y drenaje por medio del Índice de Eficacia de la Gestión del Agua (IEGA). Este índice mide el éxito de las autoridades para abastecer a la población con un suministro de agua suficiente y que cumpla con los estándares de calidad, así como para disponer de manera rápida e higiénica las aguas residuales generadas. En un segundo momento, se estima el Índice de Vulnerabilidad ante la Ineficacia Gestión del Agua (VIGA), el cual determina qué tan vulnerables son los residentes de la capital del país ante la falta o deficiente calidad del agua, al igual que ante la inadecuada extracción de las aguas residuales. En tercer lugar, por medio del Índice de Riesgo ante la Ineficacia de la Gestión del Agua (RIGA) se determina cuáles son las áreas de riesgo y los niveles de exposición que enfrenta la población como resultado de la convergencia entre los problemas en la prestación de estos servicios y las limitaciones en las capacidades de

los habitantes para hacerles frente. Finalmente, se abordan algunas conclusiones de esta investigación.

La gestión del agua en la capital del país

El D.F. se localiza en la región hidrológica con la mayor escasez de agua en el país. A pesar de ello, concentra una población total de 8.8 millones de habitantes, quienes producen casi 20% del PIB total (INEGI, 2011). Aunque en la última década, entre 2000 y 2010, su tasa de crecimiento demográfico fue de 0.28% anual, las consecuencias del crecimiento no planificado entre la década de 1940 y 1970 continúan desafiando los esfuerzos de las autoridades capitalinas para proveer los servicios de agua y drenaje a la población.

Suministro

Actualmente, esta entidad recibe 31.7 m³/seg de agua provenientes tanto de fuentes internas como externas. Las fuentes internas están constituidas primordialmente por pozos y manantiales dentro de la ciudad. Estas fuentes proporcionan un caudal de 13.6 m³/seg (43.5% del volumen total), siendo la principal fuente de abastecimiento (cuadro 1). Dado que el volumen extraído (507.36 hm³/año) del acuífero Valle de México prácticamente duplica la tasa de recarga natural (220.05 hm³/año), el centro y este del D.F. continúan hundiéndose en promedio 10 cm anualmente (Conagua y Semarnat, 2006: 7; Semarnat, 2008). Esta situación ha provocando la ruptura o dislocamiento de las redes de agua y drenaje, inundaciones con aguas residuales y la aparición de fugas. La pérdida de humedad del subsuelo también ha amplificado la intensidad de los eventos sísmicos y la aparición de grietas en sus capas arcillosas. Dichas grietas tardan cada vez más tiempo en cerrarse de manera natural, exponiendo al acuífero Valle de México a la infiltración directa de aguas residuales y lixiviados (Mazari, 1996: 115; Sosa-Rodríguez, 2010a: 682).

Los sistemas Lerma y Cutzamala constituyen la segunda fuente de abastecimiento de agua para la capital del país, al proveerla con 42.90% del caudal total que recibe (cuadro 1). Sin embargo, suministrar agua a la ciudad de estas fuentes es costoso. Por ejemplo, el caudal transferido del Sistema Cutzamala tiene que ser transportado 126 km y bombeado más de 1 200 m, incurriéndose en elevados gastos por el consumo de energía eléctrica (Conagua y Semarnap, 1997: 11). Como resultado del abatimiento del acuífero, se espera que la dependencia del D.F. a fuentes cada vez más lejanas aumente. Esta situación podría generar o intensificar conflictos por mantener el control y los derechos del agua (Perló y González, 2005: 59-60; Sosa-Rodríguez, 2010b: 137).

El volumen suministrado por las fuentes internas y externas abastece por medio de la red de distribución a 96.83% de las viviendas de la capital del país; el restante 3.17% de las viviendas tiene que recurrir a formas alternativas de acceso, obteniendo este líquido principalmente por medio de pipas. Cabe destacar que no todos los hogares que cuentan con este servicio dentro de sus viviendas o predio tienen acceso al agua permanentemente: se estima que 6.4% de la población total recibe agua tres veces por semana, mientras que 138 mil personas sólo una vez por semana (INEGI, 2011). Los grupos más afectados se encuentran en las colonias de bajos ingresos al este y sureste del D.F.

Aunque las autoridades capitalinas han realizado esfuerzos considerables para mejorar la detección y control de las fugas de agua,

Cuadro 1
Fuentes y caudal suministrado al Distrito Federal, 2010

<i>Tipo de fuente</i>	<i>Fuente</i>	<i>Caudal (m³/seg)</i>	<i>Proporción (%)</i>
Internas	Pozos y manantiales en el D.F.	13.8	43.53
Externas	Pozos en el Estado de México [incluidos los del Plan de Acción Inmediata (PAI)]	4.3	13.56
	Sistema Lerma	4.0	12.62
	Sistema Cutzamala	9.6	30.28
Total		31.7	100.00

Fuente: Elaborado con base en la información proporcionada por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, Dirección Ejecutiva de Operación.

el volumen de agua perdido por este problema sigue siendo cuantioso y representa casi 38% del caudal total recibido; este volumen supera al suministro de agua que proviene del Sistema Cutzamala, del Sistema Lerma o del Plan de Acción Inmediata (PAI) (Conagua y Semarnat, 2006: 25). Por consiguiente, no todo el caudal que se abastece a la ciudad (302 litros/habitante/día) es consumido de manera efectiva por la población debido a las fugas en las redes de distribución y a las tomas clandestinas, estimándose un consumo doméstico total per cápita de 133.74 litros/día en 2010.

Aunque en promedio el consumo de agua de los habitantes del D.F. cumple con el volumen mínimo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para preservar la calidad de vida y salud de las personas –100 litros/día (OMS, 2003: 3)–, los residentes de la tercera parte de las colonias que conforman la capital del país realizan consumos muy por debajo de esta cifra. Esta situación no sólo incrementa su vulnerabilidad, sino también favorece la ocurrencia de brotes de enfermedades de origen hídrico, en particular de enfermedades infecciosas gastrointestinales. Además de la falta de agua, algunos capitalinos también enfrentan otros riesgos que pueden afectar su salud y bienestar, tal es el caso del deterioro de la calidad del agua que reciben, así como problemas para desechar de manera rápida e higiénica sus aguas residuales. Actualmente, el suministro de agua al D.F. enfrenta varios desafíos, incluyendo la elevada demanda de este líquido y su uso poco racional, la extracción intensiva de las aguas subterráneas, la elevada dependencia a fuentes externas cada vez más distantes y la pérdida de más de un tercio del volumen suministrado como resultado de las fugas y tomas clandestinas (38% del caudal total).

La calidad del agua

De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, el agua suministrada a la población debe estar libre de microorganismos y sustancias que dañen la salud humana. Con este objetivo, la calidad del agua suministrada a los habitantes del D.F. es monitoreada por medio del análisis de parámetros como la concentración residual de cloro o la presencia

de bacterias coliformes. La NOM-127-SSA1-1994 define los límites que deben tener estos parámetros en el agua suministrada a la población. En el caso de la cantidad de cloro residual, ésta debe fluctuar entre 0.2 y 1.50 mg/litro, mientras que las bacterias coliformes fecales deben estar ausentes del volumen suministrado (Semarnat, 2011). Los reportes de calidad del SACM (2008) informan que cerca de 2% de las muestras analizadas no cumplió con los estándares de calidad en materia de concentración de cloro residual; mientras que en el caso del análisis bacteriológico, 12% del total de las muestras no cumplió con los estándares bacteriológicos. Las zonas más afectadas por la baja calidad del agua se localizan al sur y sureste de la capital del país.

En este sentido, aunque el agua suministrada a los capitalinos fue desinfectada con cloro (Conagua, 2007: 95), se han encontrado en algunas muestras bacterias como *Helicobacter pylori*, coliformes totales y fecales, estreptococos y *Vibrio spp.* (Mazari-Hiriart *et al.*, 2005: 5131-5134). Esta situación evidencia que el uso del cloro como único mecanismo de desinfección ya no es suficiente para garantizar un consumo humano seguro, ya que diversos microorganismos como los protozoarios *Cryptosporidium*, *Cyclospora cayetanensis*, *Giardia lamblia* y *Entamoeba histolytica*, los virus entéricos causantes de enfermedades como la diarrea (Rotavirus [*Reoviridae*], Adenovirus [*Adenoviridae*] y Astrovirus [*Astroviridae*]), la gastroenteritis (Norovirus [*Caliciviridae*]), y la hepatitis viral (HAV y HEV), son más resistentes a la desinfección con cloro (o sus derivados) (OMS, 2008: 4; Metcalf *et al.*, 1995: 461).

Aunado al deterioro en la calidad del agua de las fuentes utilizadas, actualmente las autoridades son menos capaces de identificar en qué zonas se están incumpliendo estos estándares, incrementándose los niveles de exposición de los capitalinos a riesgos a la salud por enfermedades de origen hídrico. Lo anterior se debe a que se ha reducido no sólo el número de muestras analizadas, sino también la cantidad de colonias en donde la calidad del agua se monitorea –desde 1997, las muestras de agua analizadas se han reducido de 160 mil a menos de 30 mil por año (SACM, 2008)–. Evidentemente, mejorar el análisis de la calidad del agua requiere mayores recursos humanos y económicos para que el número de muestras y de colonias analizadas se incrementen. Asimismo, es importante tener en cuenta que la calidad del

agua que recibe la población también puede deteriorarse por la falta de higiene de los tanques o cisternas en que se almacena el líquido, la ausencia de mantenimiento o problemas en la instalación de las tuberías de agua en el interior de las viviendas y edificios, y las fallas en las conexiones de las tuberías de aguas residuales. Por consiguiente, existen diferentes vías de transmisión para las enfermedades de origen hídrico que incluyen el consumo directo de agua que no cumple con los estándares de calidad, la ingestión de alimentos contaminados, el traslado de microorganismos en el aire, el contacto persona a persona, condiciones poco sanitarias en las viviendas y sus alrededores, y los malos hábitos de higiene.

En la capital del país, la morbilidad por enfermedades de origen hídrico ocupa el décimo lugar, aunque para los menores de cuatro años de edad constituye la tercera causa de egreso hospitalario. En el caso de la mortalidad por este tipo de padecimientos, ocupa el lugar 19, pero para los menores de cuatro años de edad, las enfermedades de origen hídrico son la primera causa de muerte. De las 263 muertes por enfermedades de origen hídrico registradas en 2010, 95% fueron provocadas por diarreas y gastroenteritis; y 5% se atribuyó a infecciones intestinales virales (SSDF, 2011).

La disposición de las aguas residuales y su tratamiento

La red de drenaje se ha visto considerablemente afectada por la subsidencia del suelo. Esto ha aumentando el riesgo de inundaciones con aguas residuales, además de hacer necesaria la construcción de varias plantas de bombeo para extraer las aguas residuales fuera de la ciudad. El deterioro y colapso de las redes de drenaje no sólo se atribuye al hundimiento diferencial del suelo, sino también a otros factores, incluidos el crecimiento demográfico, la mayor descarga de aguas residuales, la disposición de residuos sólidos en las redes de drenaje y la falta de mantenimiento. Con la infraestructura actual con la que cuenta la capital del país, 93.43% de sus viviendas está conectado a la red de alcantarillado; en el 6.57% restante, los ocupantes de los inmuebles tienen que recurrir a mecanismos alternativos: 5% utiliza

fosas sépticas y 1.57% dispone sus excretas al aire libre, en barrancas o ríos cercanos (INEGI, 2011).

En el D.F. se generan 25 m³/seg de aguas residuales, de las cuales sólo 12% recibe algún tipo de tratamiento; el 88% restante se dirige directamente a ríos y manantiales utilizados para su traslado hacia el mar, contaminándolos. Con la construcción de la planta de tratamiento de Atotonilco, la cual se concluirá a finales de 2012, se espera que se incremente en 60% el tratamiento de las aguas residuales generadas tanto en el D.F. como en su zona metropolitana (Conagua, 2010). Si bien esta acción tendrá importantes efectos positivos para la preservación ambiental y la salud de los habitantes de la región, un prerrequisito para realizar una gestión sustentable del agua es el tratamiento de la totalidad de las aguas residuales.

Algunas zonas agrícolas situadas en el Valle del Mezquital y en el Valle de Tula utilizan las aguas residuales extraídas de la ciudad para el riego agrícola. Esta práctica ha repercutido en la salud tanto de los productores como de los consumidores de estos cultivos, además de contaminar el suelo y el aire. Prueba de ello es el repunte de las enfermedades de origen hídrico a lo largo de las últimas décadas: la morbilidad por *Ascaris lumbricoides* en niños de 0 a 4 años de edad aumentó de 2.7 a 15.3 defunciones por cada 100 mil niños en las zonas donde se emplearon aguas residuales para regar los cultivos, mientras que la morbilidad por *Entamoeba histolytica* para los grupos de edad de 5 a 14 años aumentó de 12.0 a 16.4 muertes por cada 10 mil personas (Romero, 1994: 268).

Por lo pronto, 7.8% de las aguas residuales tratadas se destina al riego agrícola; 57.1% al riego de áreas verdes y llenado de lagos y canales; 15.3% a las actividades industriales (principalmente en procesos de enfriamiento), y el 24.8% restante a la recarga del acuífero en la Sierra de Santa Catarina (López, 2004: 154-157; Escalante *et al.*, 2002: 233). Aunque con la infiltración artificial del agua tratada se espera reducir la velocidad de subsidencia del suelo, también se ha incrementado la exposición del acuífero Valle de México a ser contaminado en caso de que el agua infiltrada no llegara a cumplir con los estándares de calidad. Actualmente, existen dos normas –NOM-014-Conagua-2007 y NOM-015-2007-Conagua– que definen los estándares

de calidad que tiene que cumplir el agua tratada y de lluvia que se infiltra. El objetivo de estas normas es garantizar la preservación de la calidad del agua de los acuíferos, los cuales en el caso del D.F. constituyen la principal fuente de abastecimiento.

En este contexto, surge la interrogante sobre cómo podría calificarse el desempeño de las autoridades del D.F. para abastecer con agua a la población con un volumen suficiente y que cumpla con los estándares de calidad, así como para disponer de manera rápida e higiénica las aguas residuales generadas. ¿Será dicho desempeño *aprobatorio* o *reprobatorio*? Para responder esta pregunta, esta investigación detalla cuáles son las instituciones responsables de la prestación de estos servicios y propone un método experimental para evaluar sus niveles de desempeño.

Instituciones que participan en la gestión del agua

En la gestión del agua en México están involucradas diversas dependencias que pertenecen a distintos niveles de gobierno (figura 1). Cada dependencia tiene responsabilidades particulares en la administración y preservación de los recursos hídricos, así como en la prestación de los servicios de agua y saneamiento. Dados los objetivos de esta investigación, en este apartado se analizan con mayor detalle las instituciones responsables de la prestación de los servicios de agua y drenaje en el D.F. y sus atribuciones.

Instituciones federales

Comisión Nacional del Agua (Conagua)

La autoridad en la gestión del agua corresponde al Ejecutivo federal, que la ejerce directamente o mediante la Comisión Nacional del Agua (Conagua) (LAN, art. 4). Esta dependencia, al ser la autoridad técnica, es responsable de diseñar, coordinar e implementar la política hídrica nacional, así como las disposiciones asociadas a la inversión y

mantenimiento de la infraestructura hidráulica. Asimismo, regula las concesiones para la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales; los permisos de descargas y perforación de pozos; y la recarga artificial de los acuíferos (LAN, art. 9, 18, 84-88 y 106-107).

Organismos de cuenca

Para cumplir con estas funciones, la Conagua se apoya en 13 organismos de cuenca que constituyen la autoridad operativa en la gestión del agua en el país. Los organismos de cuenca se encargan de diseñar la política hídrica y administrar las aguas nacionales en su jurisdicción, mantener la infraestructura hidráulica, coordinar la gestión integrada de los recursos hídricos con las autoridades estatales y locales, apoyar la prestación de los servicios hidráulicos, controlar las inundaciones y asignar a las comisiones estatales la dotación de agua en bloque otorgada por la Conagua. Las comisiones estatales, por su parte, además de recibir el agua asignada, están obligadas a tratarla para que cumpla con las NOM y a distribuirla a los organismos operadores locales (LAN, art. 12).

Consejos de Cuenca y Consultivos

Otras instituciones y dependencias que también participan en la gestión del agua son los Consejos de Cuenca (CC) y los Consejos Consultivos del Agua (CCA). Los CC promueven la participación, coordinación y concertación entre las dependencias gubernamentales y la sociedad para resolver los problemas del agua en el país. Se auxilian de las Comisiones y Comités de Cuenca, así como de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (Cotas), cuyos ámbitos de acción son las subcuencas, microcuencas y acuíferos. Aunque estos organismos no están subordinados a la Conagua, su funcionamiento se sujeta a las disposiciones legales emitidas por esta instancia (LAN, art. 13). Por otro lado, los CCA son organismos autónomos de consulta integrados por personas físicas pertenecientes al sector privado y social que

están relacionadas con la problemática del agua. Sus funciones incluyen crear una nueva cultura del agua, recomendar acciones para resolver los problemas de este recurso y evaluar la eficacia de las medidas implementadas (LAN, art. 14).

Instituciones en el Distrito Federal

Secretaría de Medio Ambiente (SMA)

En el D.F., el Jefe de Gobierno (JGDF) ejerce su autoridad en materia de agua por medio de la SMA. Esta dependencia es responsable de la gestión del agua en la capital del país y es la encargada de formular la política ambiental en esta entidad, vigilar la conservación y control de la contaminación de las aguas asignadas por la Conagua o de jurisdicción del D.F., expedir las normas ambientales en materia hídrica, vigilar la disponibilidad y calidad del agua para todos los habitantes, implementar las acciones para aprovechar las aguas pluviales y tratar las aguas residuales, conducir la política para la construcción de obras hidráulicas, otorgar concesiones para la prestación de los servicios hidráulicos y proteger las zonas de recarga de los acuíferos (LADF, art. 15; LAMDF, art. 9, 71, 104-107).

Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM)

Para la administración, control y preservación del agua en el D.F., la SMA se auxilia de su órgano desconcentrado, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM). Esta instancia fue creada en 2003 con el fin de concentrar las funciones de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) y de la Comisión de Aguas del Distrito Federal (CADF) para evitar la duplicidad de funciones. Algunas de las actividades que eran competencia de la CADF son realizadas actualmente por cuatro empresas privadas con las que el GDF firmó contratos por servicios. La participación de estas empresas ha favorecido el incremento en la recaudación, en la emisión de boletas de

pago, en la reparación de fugas, en la instalación de medidores y en la actualización del padrón de usuarios. Entre las atribuciones del SACM destacan: regular las descargas de aguas residuales; evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas; recargar artificialmente los acuíferos; administrar las aguas que son de jurisdicción del GDF; evaluar la disponibilidad y calidad del agua; construir, operar y dar mantenimiento a la infraestructura hidráulica realizada con recursos del GDF; prestar los servicios de agua, drenaje, alcantarillado, tratamiento y reuso de las aguas residuales; evitar el azolve de la red de alcantarillado; suministrar de manera alternativa el agua cuando no sea posible por la red; vigilar que el agua cumpla con las NOM, y sancionar a quienes no cumplan las disposiciones en esta materia (LADF, art. 16-84).

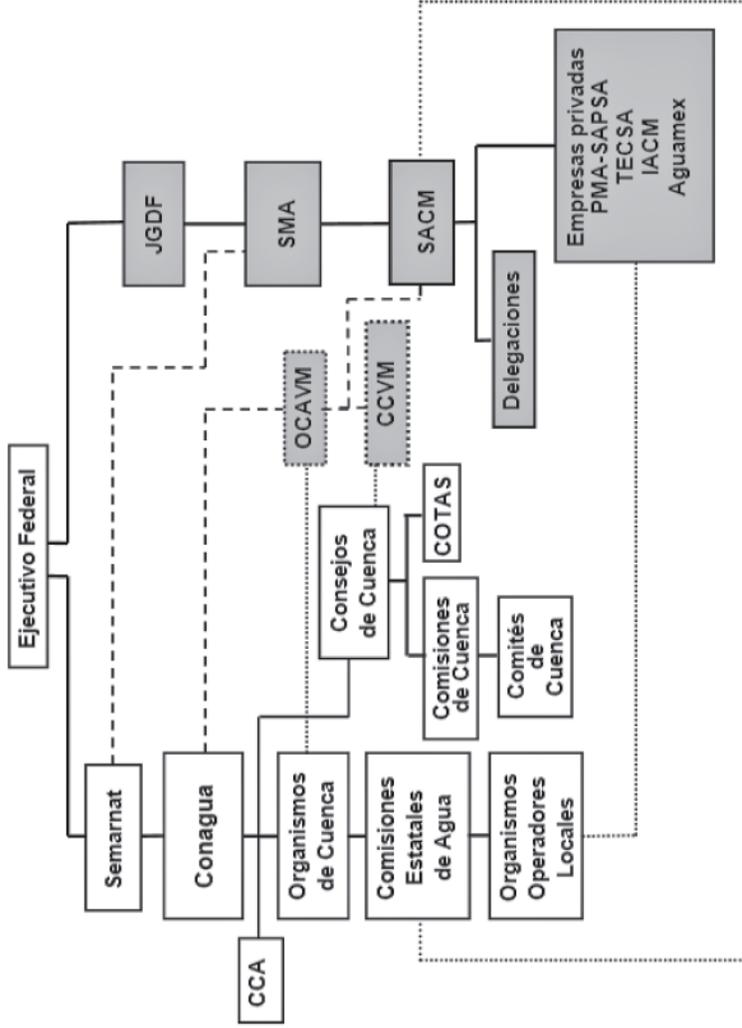
Delegaciones

Las delegaciones han tenido una participación relevante en la gestión del agua. Sin embargo, sus funciones se han limitado a apoyar a la SMA y al SACM en el cumplimiento de sus atribuciones. Estas instancias colaboran en la implementación de la política, planes y programas en materia de agua en sus territorios, en la prestación de los servicios hidráulicos, en la construcción y reparación de la infraestructura hidráulica, así como en el control de las descargas de las aguas residuales (LAN, art. 88; LADF, art. 41-42).

Instituciones y organismos regionales y metropolitanos

Debido a que el D.F. es parte de la Cuenca de México, de la Región Hidrológico-Administrativa XIII y de la ZMCM, la gestión del agua en esta entidad también está sujeta a las disposiciones y los acuerdos del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México y Sistema Cutzama-la (OCAVM), el Consejo de Cuenca del Valle de México (CCVM), la Comisión de Agua y Drenaje del Área Metropolitana (CADAM) y el Fideicomiso 1928 para apoyar el saneamiento del Valle de México (Fideicomiso

Figura 1
Instituciones responsables de la gestión del agua



Fuente: Elaboración propia.

1928). El ccvm es una instancia de coordinación y concertación entre los representantes de los usuarios, la Conagua y los gobiernos federal, del D.F. y del Estado de México. Está encargado de formular y ejecutar los programas para mejorar la administración del agua, desarrollar la infraestructura hidráulica y sus servicios, además de conservar y restaurar las cuencas de México y Tula. Finalmente, la CADAM y el Fideicomiso 1928 constituyen órganos básicos para la coordinación en materia hidráulica entre los gobiernos federal, del D.F. y del Estado de México. Mientras la CADAM promueve la colaboración para la planeación, construcción, operación, mantenimiento y transferencia de caudales de agua potable, residual, pluvial y tratada de los sistemas hidráulicos metropolitanos, el Fideicomiso 1928 tiene como propósito administrar los proyectos de drenaje y saneamiento de la ZMCM.

Al ser el SACM la instancia responsable de la prestación de los servicios de agua y drenaje, la evaluación realizada en esta investigación determina sus niveles de desempeño para abastecer a la población con un volumen de agua suficiente y que cumpla con los estándares de calidad, así como para disponer las aguas residuales de manera rápida e higiénica por medio del servicio de drenaje.

Evaluación de la gestión del agua

Hasta el momento, no existe un consenso sobre lo que se debe entender por *eficacia*, *vulnerabilidad* o *riesgo*; tampoco hay un método único para la evaluación de estos conceptos. Por ello, esta investigación utilizó las definiciones más aceptadas a nivel nacional e internacional, entendiéndose por *eficacia de la gestión del agua* el cumplimiento de los objetivos en materia de suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales (Foster y Lock, 1990: 113-118; Denhardt, 1995: 260-264; OCDE, 2003: 2-8; CEPAL, 2005: 14-16; WWAP, 2006: 121); por *vulnerabilidad*, las limitaciones en las capacidades de la población para hacer frente a las amenazas a las que está expuesta; y por riesgo, el producto de las amenazas por la vulnerabilidad (Renn, 1992: 58; Alexander, 2000: 282; IPCC, 2007: 31, 82, 787-791; Cardona, 2003: 7; ISRD, 2004: 5-7; UNDP, 2004: 11).

Consideraciones metodológicas

Con base en estas definiciones, se calcularon tres índices utilizando el método de componentes principales a fin de determinar en qué medida la gestión del agua en el D.F. ha sido capaz de reducir la exposición de sus habitantes a los riesgos por la falta de agua, su mala calidad y la inadecuada disposición de sus aguas residuales. Para favorecer y simplificar la comprensión de los resultados obtenidos por parte de los tomadores de decisiones, así como de los diferentes actores involucrados en la gestión del agua, los índices estimados fueron normalizados y transformados en unidades decimales con el objetivo de utilizar los criterios de evaluación "aprobado"/"reprobado" del sistema escolar en México.

El análisis de componentes principales es una técnica estadística para la síntesis de información, la cual se basa en la extracción de componentes independientes entre sí que resultan de la combinación –lineal o no-lineal– de las variables analizadas. Esta técnica tiene la ventaja de resolver los problemas de multicolinealidad o heterocedasticidad en la estimación de modelos, los cuales hacen que los parámetros calculados sean sesgados y, por ende, que su capacidad explicativa y predictiva sea muy limitada. Esto es posible porque los componentes extraídos tienen una correlación nula entre sí, ya que cada variable de la muestra se satura en un solo componente. Asimismo, los componentes identificados sintetizan las variables incorporadas en los modelos, aunque éstas fueron medidas con unidades diferentes, situación que facilita la interpretación de los resultados.

Los índices estimados son de tipo ordinal, por ende, no proporcionan un valor preciso sobre en qué magnitud se cumplen los objetivos de la gestión o en qué intensidad es vulnerable la población. Sin embargo, al jerarquizar las colonias con base en los resultados obtenidos es posible conocer cuáles se ven más afectadas por problemas en el suministro de agua, por la mala calidad del volumen abastecido o por la disposición no adecuada de las aguas residuales.

Las variables utilizadas fueron seleccionadas con base en su capacidad para explicar tanto los diferentes niveles de eficacia en la prestación de los servicios de agua y drenaje como las limitaciones en

las capacidades de la población para hacer frente a problemas en la prestación de estos servicios. Durante la calibración del modelo, fueron eliminadas aquellas variables que no contribuyeron a explicar las variaciones en los niveles de eficacia de la gestión o los niveles de vulnerabilidad de la población, como por ejemplo, la existencia de plantas potabilizadoras y de tratamiento.

Aunque la prestación de los servicios de agua potable y drenaje no se circunscribe al D.F. sino que trasciende sus límites político-administrativos más allá de su Zona Metropolitana y de la Cuenca de México, la falta de información estadística y cartográfica para hacer operativos los modelos de evaluación propuestos obligó a circunscribir esta investigación al D.F., siendo necesario construir un SIG *ad hoc*. La información que alimentó a los modelos fue proporcionada por el SACM y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); en el caso de la información cartográfica, ésta requirió ser georreferenciada y en algunos casos digitalizada.

Todavía se requiere evaluar la posibilidad de replicar este método propuesto en otros contextos espaciales y temporales, dado que el estudio realizado consistió en un análisis de corte transversal para 2005, que fue el periodo para el cual se obtuvo la información requerida desagregada a nivel de colonia y áreas geoestadísticas básicas (AGEB).

Método de evaluación del servicio de agua y drenaje

Índice de Eficacia de la Gestión del Agua

El Índice de Eficacia de la Gestión del Agua (IEGA) mide el éxito en la provisión de un suministro de agua suficiente que cumpla con los estándares de calidad, así como en la disposición adecuada de las aguas residuales. La ecuación que representa el modelo IEGA es la siguiente:

$$IEGA = \varphi_1 \overline{ISUM} + \varphi_2 \overline{ICA} + \varphi_3 \overline{IED} \quad (1)$$

Este índice se compone a su vez de tres subíndices: el Índice de Eficacia en el Suministro (ISUM), que evalúa la actuación de las auto-

ridades en la prestación del servicio de agua para abastecer a la población con una dotación mínima capaz de satisfacer sus necesidades básicas; el Índice de Eficacia en la Calidad del Agua (ICA), que mide la eficacia de las autoridades para abastecer a la población con un volumen de agua que cumpla con los estándares de calidad; y el Índice de Eficacia del Servicio de Drenaje (IED), que determina en qué grado el servicio de drenaje extrae de manera rápida, higiénica y sustentable las aguas residuales (cuadro 2).

Con el fin de facilitar la comprensión de la evaluación en la eficacia en la prestación del servicio de agua y drenaje, los resultados del IEGA fueron normalizados y transformados en unidades decimales. Por consiguiente, si $IEGA_i \approx 10$, la gestión del agua en la colonia i es eficaz. Si $IEGA_i \geq 6$, los problemas en la prestación de estos servicios no son una grave amenaza para el bienestar y salud de sus residentes; pero si el valor de este índice es menor ($6 > IEGA_i > 0$), la falta de agua, su mala calidad y la inadecuada disposición de las aguas residuales consti-

Cuadro 2
Variables para evaluar la eficacia en la gestión

Índice	Variables
ISUM	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de agua per cápita (CCap) • Acceso al agua por medio de la red (Adviv) • Cobertura de la red de agua (Redag) • Volumen perdido por fugas en la red de distribución (Fugas)
ICA	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de cloro residual (ClSAT) • Bacterias coliformes (Baccoliform) • Mortalidad total (MortT) • Mortalidad infantil por enfermedades gastrointestinales (MortI)
IED	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso al drenaje por medio de la red pública (ADRpub) • Cobertura de la red de drenaje (Redren) • Inundaciones en zonas residenciales (Inundurb) • Inundaciones en vialidades (Inunvia)

tuyen problemas urgentes de atender, ya que pueden representar un gran riesgo para los grupos más vulnerables que se localizan en esta colonia.

Índice de Vulnerabilidad ante la Ineficacia en la Gestión del Agua

La falta de capacidad de los capitalinos para hacer frente a problemas en el suministro de agua y en la disposición de las aguas residuales fue estimada mediante el Índice de Vulnerabilidad ante la Ineficacia de la Gestión del Agua (VIGA). La ecuación que representa el VIGA es la siguiente:

$$VIGA = \gamma_1 \overline{LAF} + \gamma_2 \overline{IBS} + \gamma_3 \overline{ICE} + \gamma_4 \overline{IRPA} \quad (2)$$

Este índice determina en qué medida las condiciones físicas (IAF), económicas (ICE), sociales (IBS) y políticas (IRP) de los habitantes del D.F. obstruyen sus capacidades para encontrar formas alternativas de acceso al agua que les permita un consumo humano seguro y una disposición adecuada de sus excretas (cuadro 3). En primer lugar, los componentes físicos que aumentan la vulnerabilidad de la población están determinados principalmente por su ubicación en el territorio, dado que su localización en ciertas áreas los predispone a ser afectados por inundaciones, hundimientos diferenciales del suelo o falta de servicios públicos (*i.e.*, suministro de agua, drenaje o electricidad). En segundo lugar, el componente social, asociado con la segregación, tiene que ver con los obstáculos que ciertos grupos enfrentan para tener acceso a la educación, atención médica, servicios públicos de calidad y a residir en viviendas seguras construidas con materiales durables. En tercer lugar, los componentes económicos se relacionan con los ingresos recibidos, el empleo, las horas de trabajo y el tipo de actividad realizada, lo cual le permite a la población contar con fondos suficientes para encontrar otras alternativas de abastecimiento de agua y disposición de sus excretas, a pesar de que en general suelen ser más caras. Finalmente, los componentes políticos se refieren a la capacidad de las autoridades para atender las demandas de los ciuda-

danos, así como a la participación y organización de la sociedad civil en la toma de decisiones en materia de gestión del agua.

Los resultados del VIGA también fueron normalizados y transformados en unidades decimales para facilitar su comprensión. De manera que si $VIGA_i \approx 10$, los residentes de la colonia i no son vulnerables a los problemas generados por la falta de agua, su mala calidad o la disposición inadecuada de las aguas residuales, ya que sus capacidades

Cuadro 3
Variables para evaluar la vulnerabilidad de la población

Índice	Variables
IAF	<ul style="list-style-type: none"> • Pendiente (Pend) • Pluviometría (Lluv) • Hundimiento del suelo (Hund) • Permeabilidad del suelo (Suelo) • Proximidad a ríos (Ríos) • Proximidad a presas (Presas)
IBS	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad poblacional (DensP) • Población sin acceso al agua (Sag), drenaje (Sdren), electricidad (Sluz) o gas (Sgas) • Analfabetismo (Analfabetismo) • Población sin o con educación primaria (EPrim) o secundaria (Esecund) incompletas • Población sin radio (Sradio) o televisión (Stv) • Viviendas con pisos de tierra (Ptierra) • Viviendas con techos (techos) o paredes (paredes) de materiales no durables • Población sin acceso a los servicios de salud (NDchhab) • Población con capacidades especiales (Disc) • Población que pertenece al grupo de adultos mayores (Pobmay) o menores de 5 años (Pobmen)
ICE	<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso per cápita (Ycap) • Ocupación laboral (Obrejorn) • Sueldo o salario (Salario) • Horas trabajadas (Horas) • Desempleo (Desemp)
IRPA	<ul style="list-style-type: none"> • Organizaciones sociales (Orgsoc) • Organizaciones políticas (Orgpol) • Concentración de votantes (Concvot) • Participación en la contienda electoral (Partvot)

físicas, sociales, económicas y políticas les permiten encontrar formas alternativas de acceso a estos servicios. Si $VIGA_i \geq 6$, las condiciones en que vive la población no limita sus capacidades para hacer frente a las problemas en la gestión del agua mencionados; pero si el valor de este índice es menor ($6 > VIGA_i > 0$), sus residentes no son capaces de hacerles frente y están muy expuestos a los riesgos asociados a dichas problemáticas.

Índice de Riesgos por la Ineficacia en la Gestión del Agua

El Índice de Riesgos por la Ineficacia en la Gestión del Agua ($RIGA$) mide los niveles de exposición de los capitalinos a riesgos por la falta de agua, mala calidad y disposición inadecuada de las aguas residuales. Estos riesgos son resultado de la presencia de problemas en el suministro de agua y drenaje, los cuales afectan a grupos de población cuyas condiciones físicas, sociales, económicas y políticas limitan sus capacidades para hacerles frente. La ecuación que representa el índice $RIGA$ es la siguiente:

$$RIGA = \frac{[\overline{IEGA} \otimes \overline{VIGA}]}{n} \quad (3)$$

Este índice tiene una distribución probabilística ($0 \leq RIGA \leq 100$), donde n es el número total de colonias analizadas. Cuando $RIGA \approx 100$, los habitantes de la colonia analizada enfrentan el máximo riesgo posible como resultado de los problemas en la prestación de los servicios mencionados. Por otro lado, si $RIGA \approx 0$, los niveles de exposición de los habitantes de la colonia analizada son mínimos.

Resultados

Niveles de Eficacia en la Gestión del Agua

De acuerdo con los resultados del IEGA, la prestación de los servicios de agua y drenaje no constituye en conjunto una amenaza importante para los capitalinos, al haber obtenido las autoridades responsables en la evaluación de su desempeño una calificación aprobatoria de 7.0, la cual representa un desempeño medio. Por consiguiente, las medidas ejecutadas por las autoridades responsables de la prestación de estos servicios han cumplido parcialmente con suministrar a la población un volumen suficiente y que cumpla con los estándares de calidad, así como con disponer sus aguas residuales. El objetivo de abastecer a la población con un suministro de agua que cumpla con las NOM en materia de calidad fue el peor evaluado, constituyéndose como una de las principales amenazas que enfrentan los capitalinos. En el caso de los servicios de agua y drenaje, éstos obtuvieron una evaluación aprobatoria respecto de sus niveles de eficacia. Sin embargo, esta calificación fue relativamente baja, motivo por el cual los habitantes de la capital del país también enfrentan amenazas derivadas de la falta o prestación intermitente de estos servicios, pero en una menor intensidad.

La evaluación de la eficacia en la prestación de estos servicios en las delegaciones siguió un comportamiento similar al del D.F., ya que 14 de ellas obtuvieron calificaciones entre 6.5 y 7.7, asociadas con un desempeño regular para el cumplimiento de los objetivos mencionados. Las delegaciones Cuauhtémoc y Coyoacán obtuvieron las evaluaciones más altas con calificaciones de 7.4 y 7.7, por ende, sus residentes están relativamente poco expuestos a los impactos negativos causados por problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje. Por otro lado, los habitantes de Milpa Alta y Xochimilco fueron los más afectados por los bajos niveles de eficacia, siendo más afectados por la falta o prestación intermitente de un suministro de agua, el incumplimiento de los estándares de calidad y la carencia de conexión a la red pública de drenaje para la disposición rápida e higiénica de las aguas residuales (cuadro 4).

Cuadro 4
Eficacia en los servicios de agua y drenaje en el D.F.

<i>Delegación</i>	<i>IEGA</i>	<i>Delegación</i>	<i>IEGA</i>
Cuauhtémoc	7.7	Magdalena Contreras	6.9
Coyoacán	7.4	Cuajimalpa	6.9
Miguel Hidalgo	7.2	Benito Juárez	6.7
Álvaro Obregón	7.2	Iztacalco	6.7
Gustavo A. Madero	7.1	Iztapalapa	6.6
Azcapotzalco	7.1	Tlalpan	6.5
Venustiano Carranza	7.1	Milpa Alta	5.8
Tláhuac	7.0	Xochimilco	5.5
<i>Distrito Federal</i>		<i>7.0</i>	

Fuente: Elaboración con base en los resultados del IEGA.

Al analizar estos niveles de eficacia por colonia, las más amenazadas por el incumplimiento o cumplimiento parcial de los objetivos mencionados se localizan al sureste del D.F., en las delegaciones Xochimilco y Tlalpan. Entre las colonias que obtuvieron las calificaciones más bajas en la prestación de los servicios analizados se encuentran: Guadalupe, San José, El Mirador, El Carmen, San Juan Minas, Lomas de Nativitas, El Olivo, Zedec Ampliación Plan de Ayala, La Joya de Vargas y el Pueblo San Francisco Tlanepantla en Xochimilco; y Tlalmilte, Verano, Colinas del Bosque, Diamante y Loma Bonita en Tlalpan.

Cabe mencionar que los niveles de exposición de los capitalinos a problemas en la prestación de estos servicios no sólo dependen de las amenazas, sino también de las condiciones de vulnerabilidad en que se encuentren.

Vulnerabilidad de los capitalinos

Con base en los resultados del VIGA, las condiciones de vida de los capitalinos inhiben sus capacidades para hacer frente a un insuficiente abastecimiento de agua con una baja calidad, así como a una

inadecuada disposición de las aguas residuales, al haber obtenido una calificación reprobatoria de 5.7 (cuadro 5). Las limitaciones en las condiciones económicas en que actualmente vive la mayoría de los habitantes, dada la distribución no equitativa de los ingresos, el desempleo y la inestabilidad laboral, constituyen el principal componente que hace más vulnerable a los capitalinos a las amenazas generadas por problemas en el suministro y en el drenaje. De hecho, en todas las colonias que conforman el D.F. la vulnerabilidad de sus habitantes se atribuye principalmente a dichas limitaciones económicas.

Un segundo componente que explica la vulnerabilidad de los residentes del D.F. son las características físicas del entorno en donde habitan. Existen varios asentamientos humanos (regulares e irregulares) localizados en zonas que pueden ser afectadas por inundaciones, por hundimientos diferenciales del suelo, y por la falta o prestación intermitente de los servicios básicos (agua, drenaje, electricidad o gas). El tercer componente está relacionado con la falta de representación política e insuficiente participación ciudadana en la toma de decisiones en materia de gestión del agua. Por último, el cuarto componente que afecta la vulnerabilidad de los habitantes de la capital del país se refiere a las restricciones que enfrenta la población para tener acceso a la educación, servicios de salud, servicios públicos básicos y a residir en viviendas seguras.

Resultados similares se obtuvieron en doce delegaciones, cuyas calificaciones fueron reprobatorias: entre 4.7 y 5.8. Las delegaciones Milpa Alta, Magdalena Contreras, Cuajimalpa y Álvaro Obregón son las más vulnerables a las amenazas por problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales. Por otro lado, en Coyoacán, Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Azcapotzalco, Gustavo A. Madero y Cuauhtémoc las capacidades de sus habitantes les permiten enfrentar dichos problemas, estando la evaluación de su vulnerabilidad entre 6.0 y 6.8. Sin embargo, aunque estas calificaciones son aprobatorias, también son bajas (cuadro 5).

Las colonias más vulnerables en el D.F. se concentran en las delegaciones Tlalpan, Xochimilco, Milpa Alta e Iztapalapa. Algunas de estas colonias son: Pueblo de San Andrés Totoltepec, Chichicaspatl, El Zacatón, San Miguel Topilejo, Bosques, San Nicolás II, Solidaridad y

Cuadro 5
Evaluación de la vulnerabilidad ante problemas
en los servicios de agua y drenaje

<i>Delegación</i>	<i>VIGA</i>	<i>Delegación</i>	<i>VIGA</i>
Coyoacán	6.8	Tláhuac	5.6
Benito Juárez	6.3	Iztacalco	5.6
Miguel Hidalgo	6.2	Tlalpan	5.4
Azcapotzalco	6.1	Xochimilco	5.0
Cuauhtémoc	6.1	Álvaro Obregón	4.7
Gustavo A. Madero	6.0	Cuajimalpa	4.6
Venustiano Carranza	5.8	Magdalena Contreras	4.6
Iztapalapa	5.6	Milpa Alta	3.5
<i>Distrito Federal</i>		<i>5.7</i>	

Fuente: Elaboración con base en los resultados del índice VIGA.

Ampliación San Miguel Ajusco en Tlalpan; San Salvador Cuauhtenco, San Bartolomé Xicomulco, San Lorenzo Tlacoyucan y los barrios San Miguel Ocotitla, Nushtla, Tula, Panchimalco, La Guadalupita y San José en Milpa Alta; Chimalpa en Cuajimalpa; el pueblo San Francisco Tlalnepantla y Pedregal de San Francisco en Xochimilco; paraje Tierra Colorada en Magdalena Contreras; San Pablo II en Izta-palapa; y El Rincón en Álvaro Obregón.

Riesgos por la ineficacia en la gestión del agua

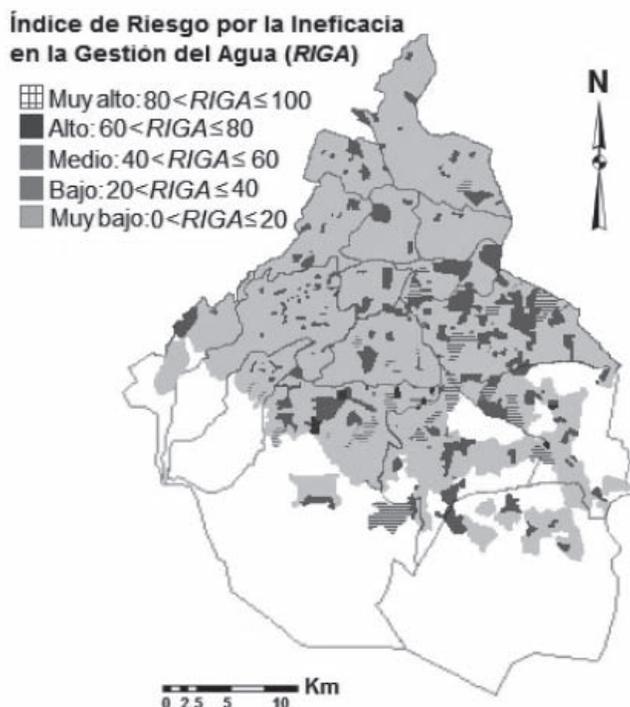
Los riesgos generados por problemas en la gestión del agua en materia de suministro, calidad y disposición de las aguas residuales no están uniformemente distribuidos. Sin embargo, son pocas las colonias cuyos habitantes enfrentan altos niveles de exposición, teniendo el D.F. en promedio un nivel de exposición bajo (mapa 1).

Las delegaciones más expuestas a los riesgos generados por un suministro de agua insuficiente y que no cumple con los estándares de calidad, así como por la falta de medios para disponer las aguas residuales, se ubican al sureste de la capital del país e incluyen Milpa Alta, Xochimilco, Magdalena Contreras, Tlalpan e Izta-palapa. Cabe

destacar que el riesgo promedio de estas entidades también pertenece a una categoría de bajo riesgo. En el resto de las delegaciones, sus habitantes en promedio están muy poco expuestos a estos riesgos, particularmente en Venustiano Carranza, Cuauhtémoc, Benito Juárez, Coyoacán y Miguel Hidalgo.

Entre las colonias más expuestas a los riesgos generados por problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje se encuentran: Residencial Villa Coapa, Narciso Mendoza, Miguel Hidalgo 4ª Sección, Villa Lázaro Cárdenas y Miguel Hidalgo en Tlalpan, Ojo de Agua en Tláhuac; y finalmente, Las Ánimas en Xochimilco (mapa 1).

Mapa 1
Riesgos por problemas en el suministro de agua y drenaje



Fuente: Elaborado con base en los resultados del RIGA.

En general, los capitalinos están más expuestos a los riesgos por la baja calidad de agua que reciben en comparación con los que se atribuyen a la falta de agua y la inadecuada disposición de las aguas residuales. Las colonias que presentan niveles de riesgo medio y alto por la mala calidad del agua se distribuyen en todo el territorio de la capital del país. En el caso de las colonias que presentan niveles de riesgo medio y alto por problemas en el suministro y en el drenaje, éstas se concentran al sur y sureste de esta entidad.

Las mayores concentraciones de infraestructura para abastecer con agua a la población y disponer las aguas residuales se encuentran principalmente en las zonas físicamente menos vulnerables. Por lo tanto, la población que recibe en promedio bajos niveles de ingreso y enfrenta considerables obstáculos para tener acceso a diversos servicios (educativos, atención médica y servicios públicos básicos) vive, en general, en zonas de alto riesgo frecuentemente afectadas por inundaciones, hundimientos diferenciales del suelo, deslizamientos, inadecuada disposición de las aguas residuales y carencia o mala calidad del agua recibida.

Las clases económicas más altas tienen un mayor poder político y de negociación para que sus intereses sean atendidos, motivo por el cual, en general, sus niveles de exposición a los riesgos por falta de agua, mala calidad de la misma e inadecuada disposición de las aguas residuales suelen ser menores en comparación con la población que vive en condiciones marginadas, situación que hace a esta última todavía más vulnerable y la predispone a un mayor riesgo. No existe evidencia para concluir que el uso exclusivo del cloro como mecanismo de desinfección garantiza la eliminación de microorganismos patógenos y, por ende, un consumo humano seguro.

Finalmente, la participación de la sociedad civil en la toma de decisiones sobre la gestión del agua en el D.F. ha promovido mejoras en el acceso al agua, pero prácticamente no ha influido en la disposición de las aguas residuales debido a que el impacto que tiene la falta o la inadecuada prestación de este servicio sobre la calidad de vida y la salud de la población no se ha constituido como una prioridad en las demandas actuales de la ciudadanía.

Conclusiones

El objetivo de abastecer a la población con un suministro de agua que cumpla con las NOM en materia de calidad fue el peor evaluado, constituyéndose como una de las principales amenazas que enfrentan los capitalinos tanto por la intensidad con la que se presenta este problema en la gestión como por su mayor distribución en las colonias que conforman el D.F. En el caso de los servicios de agua y drenaje, éstos obtuvieron una evaluación aprobatoria con respecto de sus niveles de eficacia. Sin embargo, esta calificación fue relativamente baja, motivo por el cual los habitantes de la capital del país también enfrentan amenazas derivadas de la falta o prestación intermitente de estos servicios, aunque en menor intensidad. En este contexto, es necesario que las autoridades asignen una mayor prioridad para garantizar los estándares de calidad en el agua suministrada a la población, ya que hasta el momento continúan privilegiando el incremento en el suministro de agua y las mejoras en el acceso a este servicio en comparación con otros objetivos. Esto no sugiere descuidar la eficacia asociada a la dotación de agua a la población; más bien resalta la importancia de asignar de manera más equitativa los recursos con los que cuentan las autoridades entre sus diversos objetivos.

En segundo lugar, la presencia de bacterias coliformes en muestras que cumplieron con las estándares de calidad en materia de cloro residual pone en evidencia que el uso de cloro como único medio de desinfección no necesariamente garantiza que dicho volumen pueda consumirse de manera segura, debido a que algunos microorganismos como los protozoarios *Cryptosporidium*, *Giardia lamblia* y *Entamoeba histolytica*, al igual que los virus causantes de enfermedades como la diarrea, gastroenteritis y hepatitis viral, son más resistentes al uso del cloro o sus derivados. Por lo tanto, este mecanismo de desinfección requiere complementarse con otros métodos como la ozonización, la radiación con rayos ultravioleta y la aplicación de dióxido de cloro, métodos considerados más eficaces para eliminar bacterias e inactivar tanto virus como protozoarios (OMS, 2008: 61). Por consiguiente, la evaluación de la calidad del agua no se puede limitar a determinar las concentraciones de cloro residual y la presencia de bacterias co-

liformes, requiriéndose un análisis más completo de los parámetros físicos, químicos y, en particular, biológicos. No sólo a través de un consumo directo de agua con una mala calidad se generan y transmiten enfermedades de origen hídrico; éstas también pueden diseminarse de manera indirecta por otras vías que incluyen la ingesta de alimentos regados con aguas residuales o la preparación de alimentos en condiciones no higiénicas, en cuyo caso los alimentos ingeridos pueden ser portadores de enfermedades como cólera, diarrea, salmonelosis, fiebre tifoidea y amibiasis, entre otros.

Las decisiones de inversión en obras de infraestructura hidráulica privilegian las zonas más seguras. Sin embargo, como la población que reside en las áreas consideradas como peligrosas suele ser la más pobre, esta medida los coloca en una situación menos ventajosa y limita aún más sus capacidades para hacer frente a las amenazas a las que están expuestos, lo que, por ende, los hace más vulnerables. Aunque el uso de los seguros contra inundaciones es una alternativa que podría reducir la vulnerabilidad de los capitalinos ante los problemas mencionados en materia de suministro y drenaje, su impacto es restringido debido a que no todos los habitantes de esta entidad tienen la capacidad económica para adquirir estos instrumentos financieros.

Finalmente, los niveles de exposición de los capitalinos a los riesgos generados por un suministro de agua insuficiente para satisfacer los requerimientos de agua de la población y los estándares de calidad, así como la disposición rápida e higiénica de las aguas residuales están determinados principalmente por la fragilidad de las condiciones en que viven. Por consiguiente, aunque las autoridades responsables de la prestación de los servicios de agua y drenaje no han cumplido en su totalidad con los objetivos en materia de suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales, sí los han alcanzado de manera parcial con un desempeño regular. No obstante, la prestación de estos servicios puede mejorarse, en especial las acciones encaminadas a garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad en el volumen de agua que reciben los capitalinos, dado que este problema de la gestión constituye una de las principales amenazas que enfrentan.

Las mayores limitaciones en las capacidades de la población se explican por las restricciones en sus condiciones económicas, un menor

impacto para hacer frente a las amenazas mencionadas, su localización, su baja participación y una representación política restringida de sus demandas, así como los obstáculos para su acceso a la educación, atención médica, información, servicios públicos y viviendas dignas.

En este contexto, para reducir la exposición de los capitalinos a estos riesgos es indispensable que las autoridades dirijan sus esfuerzos a disminuir la vulnerabilidad de la población. Esto no implica que deban descuidar la eficacia en la prestación de los servicios de agua y drenaje; más bien, que las medidas implementadas para consolidar una ciudad más segura no se deben restringir a la construcción de más obras hidráulicas, sino también a crear mayores oportunidades para que la población cuente con un empleo bien remunerado, tenga acceso a los servicios básicos, resida en viviendas seguras y pueda participar en la toma de decisiones sobre la gestión del agua. Evidentemente, ejecutar estas estrategias y acciones requiere tanto de la colaboración como de la coordinación entre autoridades de diferentes órdenes de gobierno, así como de los diversos sectores responsables de la gestión pública.

Bibliografía

- Alexander, David (2000), *Confronting Catastrophe: New Perspectives on Natural Disasters*, Oxford, Oxford University Press.
- Blaikie, Piers, Terry Cannon, Ian Davis y Ben Wisner (1994), *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*, Londres, Routledge.
- Cardona, Omar Darío (2003), *La noción de riesgo desde la perspectiva de los desastres*, Manizales, IADB-ECLAC-IDEA.
- CEPAL (2005), *Objetivos de Desarrollo del Milenio: una mirada desde América Latina y el Caribe*, Santiago de Chile, CEPAL.
- (1999), *Tendencias actuales de la gestión del agua en América Latina y el Caribe: Avances en la implementación de las recomendaciones contenidas en el Capítulo 18 del Programa 21*, Santiago de Chile, CEPAL.

- Conagua (2010), “Construcción de la planta de tratamiento de Atotonilco”, comunicado de prensa, México, Conagua.
- Conagua y Semarnat (2006), *Hacia una estrategia de manejo sustentable del agua en el Valle de México y su zona metropolitana*, México, Conagua.
- (1997), *Sistema Cutzamala: agua para millones de mexicanos*, México, Conagua/Semarnap.
- Denhardt, Robert B. (1995), *Public Administration: An Action Orientation*, Forth Worth, Harcourt Brace Collage Publishers.
- Escalante, V., L. Cardoso, E. Ramírez, G. Moeller, G. Mantilla, J. Montecillos, C. Servín, F. Villavicencio y A. Rivas (2002), *Valoración del mercado para el reúso del agua residual tratada: informe final*, Cuernavaca, IMTA/Conagua.
- Foster, M.J. y A.R. Lock (1990), “Factoring Effectiveness Factors”, *The Journal of the Operational Research Society*, vol. 41, núm. 2, pp. 111-117.
- INEGI (2008), *Mortalidad por enfermedades de origen hídrico*, Aguascalientes, Dirección de Estadísticas Vitales, Área de Mortalidad, INEGI.
- (2011), *XIII Censo General de Población y Vivienda 2010*, Aguascalientes, INEGI.
- IPCC (2007), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- ISDR (2004), *Living with Risk, a Global Review of Disaster Reduction Initiatives*, Ginebra, UN-ISDR.
- López Hernández, Ramón y Armando Ortiz Rendón (2004), “Agua residual tratada: estímulos para el uso del agua residual tratada en el Distrito Federal”, en Ma. Concepción Martínez Omaña (coord.), *Gestión del agua en el Distrito Federal: retos y propuestas*, México, PUEC/UNAM.
- Mazari, Marcos (1996), *Agua vs. población*, México, El Colegio Nacional.
- Mazari-Hiriart, Marisa, Yolanda Lopez-Vidal, Sergio Ponce-de-Leon, Juan José Calva, Francisco Rojo-Callejas y Gonzalo Castillo-Rojas (2005), “Longitudinal study of microbial diversity and seasonality

- in the Mexico City metropolitan area water supply system”, *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 71, núm. 9, pp. 5129-5137.
- Metcalf, T.G., J.L. Melnick y M.K. Estes (1995), “Environmental Virology: From Detection of Virus in Sewage and Water by Isolation to Identification by Molecular Biology. A Trip over 50 Years”, *Annual Review of Microbiology*, vol. 49, 1995, pp. 461-487.
- OCDE (2003), *Improving Water Management: Recent OECD Experience*, París, OCDE.
- OMS (2008), *Guidelines for Drinking-Water Quality: Recommendations*, Ginebra, OMS.
- (2003), *Domestic Water Quantity, Service Level and Health*, Ginebra, OMS.
- Perló, Manuel y Arsenio González (2005), *¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México*, México, PUEC/UNAM/Friedrich Ebert Stiftung.
- Renn, Ortwin (1992), “Concepts of Risk: A Classification”, en Sheldon Krimsky y Dominic Golding (coords.), *Social Theories of Risk*, Londres, Praeger.
- Romero, L.P. (1994), “Problemas socio-ambientales en la gestión del agua”, en A. Yúnez-Naude (coord.), *Medio ambiente: problemas y soluciones*, México, El Colegio de México.
- Tortajada, C. y E. Castelán (2003), “Water Management for a Megacity: Mexico City Metropolitan Area”, en *Ambio*, vol. 32, núm. 2.
- SACM (2009), *Suministro de agua al D.F.*, México, Dirección de Operación del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, SACM [base de datos].
- (2008), *Análisis de la calidad del agua*, México, Dirección Técnica del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, SACM [base de datos].
- Semarnat (2008), *Volumen de recarga y extracción de acuíferos sobre-explotados*, México, Semarnat/Conagua [base de datos].
- (2011), *Catálogo de Normas Oficiales Mexicanas*, México, Semarnat/Conagua. Disponible en <http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadísticas_2000/compendio_2000/04dim_institucional/04_02_Normatividad/index.shtml>.

- SSDF (2011), *Estadísticas de morbilidad y mortalidad en el D.F. por enfermedades infecciosas gastrointestinales*, México, GDF [base de datos].
- Sosa-Rodríguez, F.S. (2010), “Impacts of Water Management Decisions on the Survival of a City: From Ancient Tenochtitlan to Modern Mexico City”, *Journal of Water Resources Development*, vol. 26, núm. 4, pp. 675-687.
- (2010), “Exploring the Risks of Ineffective Water Supply and Sewage Disposal: A Case Study of Mexico City”, *Environmental Hazards*, núm. 9, pp. 135-146.
- UNDP (2004), *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development*, Washington, D.C., John S. Swift Company.
- WWAP (2006), *Water a Shared Responsibility. The United Nations World Water Development Report*, Paris, WWAP/Unesco/Berghahn Books.

Leyes y reglamentos

- Ley de Aguas Nacionales (LAN), *Diario Oficial de la Federación*, México.
- Ley de Aguas del Distrito Federal (LADF), *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, México.
- Ley Ambiental del Distrito Federal (LAMDF), *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, México.